

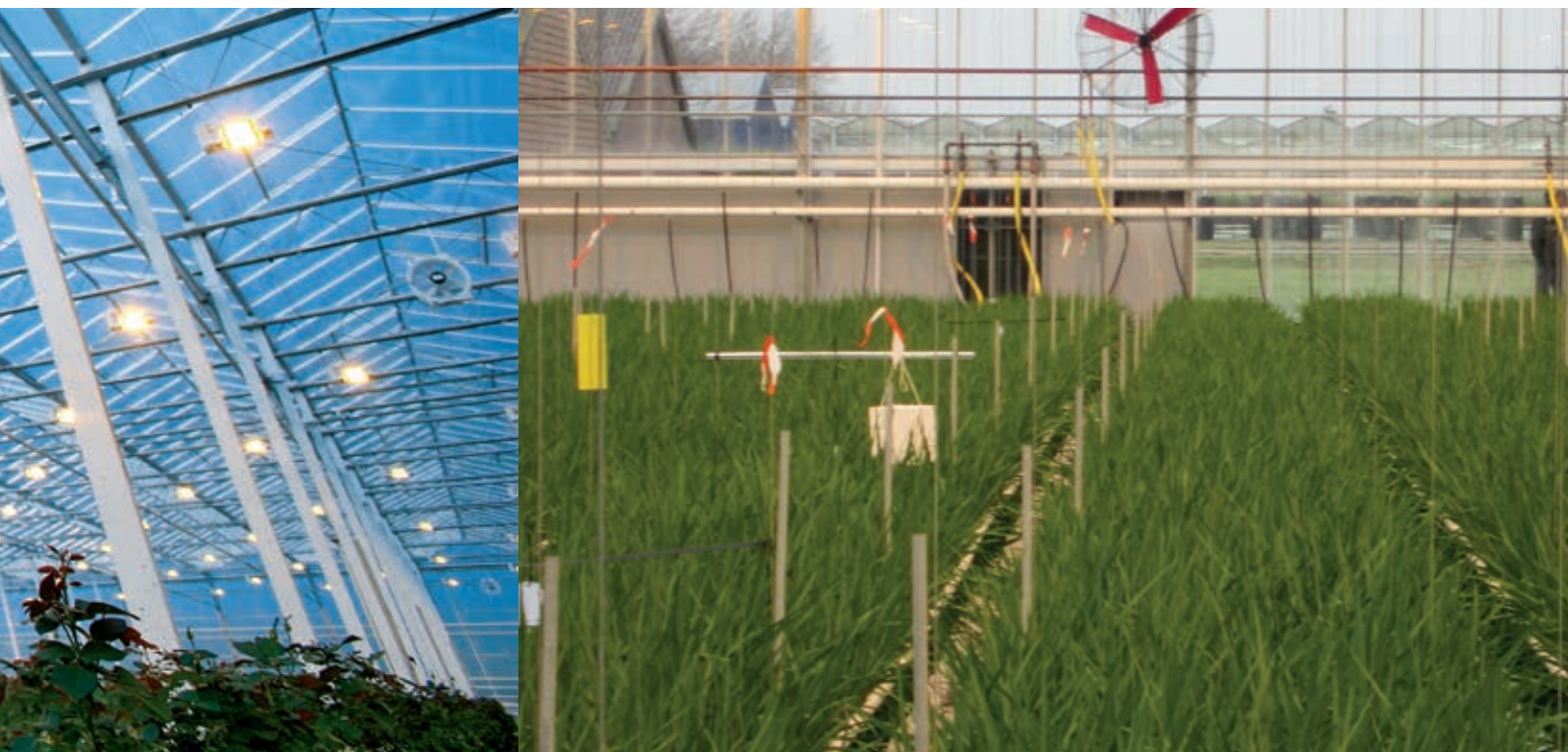


# Beheersing luchtvochtigheid in Freesia en Anjer

Praktijkproeven en deskstudie naar energiebesparing door “Het Nieuwe Telen” binnen het project “Uitbreiding Parapluplan toevoeren buitenlucht”

Frank van der Helm<sup>1</sup>, Peter van Weel<sup>1</sup>, Arca Kromwijk<sup>1</sup>, Feije de Zwart<sup>1</sup>, Nieves Garcia<sup>1</sup>, Hans Pronk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw <sup>2</sup> Hans Pronk Consultancy



## Referaat

Door bodemisolatie met een 20 mm dikke afdeklaag Styromul of Biofoam® is een energiebesparing van 2,1 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>/jr berekend door met name betere thermische isolatie, maar ook door gedeeltelijke beperking van de verdamping uit de bodem. De berekende besparing van de huidige praktijk is 0,7 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>/jr op verwarming. De effecten op koelen zijn niet berekend, maar daar zal de besparing nog iets groter zijn. Voor toevoeren van buitenlucht in Freesia lijkt technisch gezien een grote slurf boven het gewas in combinatie met nivolatoren het best te implementeren en de meest gelijkmatige verdeling van droge lucht en temperatuur te geven. Echter, door de lage teelttemperatuur is voor voldoende droge lucht vaak een dermate grote luchtcapaciteit noodzakelijk dat dit economisch en energetisch zijn doel voorbij schiet. Actief ontvochtigen in de zomer en najaar kan dit onvoldoende verbeteren. Bovendien is het voorkomen van condensatie door een lage gewastemperatuur voor de beheersing van Botrytis in de winter misschien wel belangrijker dan beheersing van de luchtvochtigheid. Een beter isolerend scherm lijkt dan zinvoller en biedt ook weer mogelijkheden voor meer energiebesparing.

Modelsimulaties tonen aan dat in de anjerteelt het installeren van een beweegbaar tweede energiescherm de grootste energiebesparing kan opleveren, omdat dan in zowel oud als jong gewas de kas beter geïsoleerd kan worden. Of droge buitenlucht toevoer hierbij een extra kwaliteitsvoordeel kan geven blijft onderwerp van discussie. *Dit project is uitgevoerd door Wageningen UR glastuinbouw en gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van LTO Glaskracht Nederland en het ministerie van Economische Zaken (EZ).*

## Abstract

An energy saving of 2.1 m<sup>3</sup> ae/m<sup>2</sup>/jr is calculated for soil insulation with a 20 mm thick covering layer of Styromul or Biofoam®. Mostly because of better thermal insulation but also by partial reduction of evaporation from the soil. The calculated savings of current practice is 0.7 m<sup>3</sup> ae/m<sup>2</sup>/jr on heating. The effects of cooling are not calculated, but the savings will still be a little bit more. A large tube above the crop in combination with vertical fans showed best distribution of dry air and temperature with forced ventilation in Freesia and fitted best in the greenhouse growing system. However, because of the low cultivation temperature such a large airflow is required for dry air forced ventilation that energy saving can not be achieved. Active dehumidification in summer and autumn was not able to improve this. Besides that, it appeared that for the control of Botrytis in winter preventing condensation and low crop temperature is more important than air humidity. A better insulating thermal screen seems a smarter investment and also offers new opportunities for more energy saving. Model simulations showed that a second automated thermal screen offers the best opportunity for energy saving in carnation cultivation, because the greenhouse can be better insulated in both old and young plant departments. The possible benefits of dry air forced ventilation on quality remains subject of debate. This project is funded by the Greenhouse as an Energysource (KaE) programme of LTO Glaskracht Netherlands and the Ministry of Economic Affairs (EZ).

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

## Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
	1.1 Het Nieuwe Telen	9
	1.1.1 Knelpunten van Het Nieuwe Telen bij koude teelten	9
	1.2 Vochtbeheersing bij koude teelten	10
	1.3 Projectdoelstellingen	10
	1.3.1 Algemene Doelstelling	10
	1.3.2 Energiedoelstelling Freesia	11
	1.3.3 Energiedoelstelling Anjer	11
	1.3.4 Technische doelstelling	11
	1.3.5 Gewasdoelstellingen	11
	1.3.6 Communicatiestructuur	11
	1.4 Leeswijzer	12
2	Bodemisolatie	13
	2.1 Inleiding	13
	2.2 Materiaal en methoden	13
	2.2.1 Proeflocatie	13
	2.2.2 Proefopzet	13
	2.2.3 Metingen en waarnemingen	15
	2.2.4 KASPRO simulaties	16
	2.3 Resultaten	16
	2.3.1 Bodemtemperatuur	17
	2.3.2 Bodemverdamping en bodemrespiratie	18
	2.3.3 Berekende bodemverdamping en energiebesparing	19
	2.3.4 Gewasreacties	19
	2.3.5 Economische en ecologische implicaties	20
	2.4 Discussie en conclusies	21
3	Buitenluchttoevoer voor ontvochtiging	23
	3.1 Inleiding	23
	3.2 Materiaal en methoden	23
	3.2.1 Proeflocatie	23
	3.2.2 Proefopzet	23
	3.2.3 Meetnet, techniek en waarnemingen	26
	3.2.4 Regeling	27
	3.2.5 Gewas	27
	3.2.6 Leerproces en communicatie	27
	3.3 Resultaten	27
	3.3.1 Ervaringen met inregelen van het systeem	27
	3.3.2 Effecten op kasklimaat en microklimaat	28
	3.3.2.1 Het najaar	28
	3.3.2.2 De winter	30
	3.3.2.3 Het voorjaar	32
	3.3.2.4 Zomer en actieve ontvochtiging door koelen	33

	3.3.3	Effecten op het gewas	33
	3.3.3.1	In de winter bij koud weer (< 5 °C) en vorst	33
	3.3.3.2	Effect van actief ontvochtigen met gekoelde buitenlucht op het gewas	35
	3.4	Discussie buitenluchttoevoer in Freesia	35
	3.5	Slotconclusie buitenlucht toevoer in Freesia	36
4		Invloed diffuse coating op lichtdoorlatendheid en planttemperatuur bij Freesia	37
	4.1	Meetmethode en apparatuur	37
	4.2	Resultaten	37
	4.2.1	Effect Redufuse op de kasttemperatuur	37
	4.3	Effect Redufuse op de lichtdoorlating	38
	4.3.1	Bij direct licht	38
	4.3.2	Bij diffuus licht	39
	4.3.3	Effect Redufuse op de gewastemperatuur	39
	4.3.3.1	Onder Redufuse coating, scherm geheel open	39
	4.3.3.2	Geen Redufuse, scherm open	40
	4.3.3.3	Onder Redufuse coating, scherm 50% gesloten	41
	4.3.4	Conclusies	42
5		Beheersing luchtvochtigheid Anjer (verkenningen)	43
	5.1	Modelsimulaties	43
	5.2	Rookproeven met luchtblaassysteem	43
	5.2.1	Uitvoering en resultaten rookproeven anjer	44
	5.2.2	Conclusies rookproeven anjer	45
	5.2.3	Perspectief implementatie buitenluchttoevoer anjer	45
6		Slotconclusies en aanbevelingen	47
	6.1	Eindconclusies	47
	6.2	Aanbevelingen	47
		Literatuur	49
Bijlage I		Plattegrond proefopzet Tesselaar Freesia	51
Bijlage II		Chronologisch leerproces HNT Freesia	53
Bijlage III		Botrytis aantasting in de winter	83
Bijlage IV		Achtergrond informatie grauwe schimmel	87
Bijlage V		Relevante informatie over Anjer uit de inventarisatie voor HNT alstroemeria.	89
		Componenten teeltconcept	89

# Samenvatting

Het onderzoek in dit rapport maakt onderdeel uit van het programma Kas als Energiebron, welke wordt gefinancierd door het ministerie van EL&I en Productschap Tuinbouw. Binnen dit programma valt dit onderzoek onder het transitie pad teeltstrategieën. Doel van dit programma is dat bestaande glastuinbouwbedrijven kunnen profiteren van nieuwe inzichten en zo zonder hoge investeringen kunnen besparen op het energieverbruik. Specifieke gewassen kennen ook specifieke knelpunten. In de relatief koude teelten Freesia en Anjer loopt, door de lage teelttemperatuur, de luchtvochtigheid al snel op, wat een knelpunt vormt voor de toepassing van maatregelen uit Het Nieuwe telen. Er kan energie bespaard worden door de kas beter te isoleren en de luchtramen meer gesloten te houden, maar dan moet er een oplossing gevonden worden voor de oplopende luchtvochtigheid. De potentiële energiebesparing door betere isolatie en vochtbeheersing bij Freesia werd geschat op  $7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  (50%, excl. stomen en belichting) op het totaal bedrijfsverbruik, maar dit is afhankelijk van de effecten op het gewas. Dit project moest meer duidelijkheid geven over de kwantitatieve effecten van actieve ontvochtiging en het afdekken van de bodem op de gewasgroei van Freesia, het beperken van de verdamping en de thermische isolatie.

## Materiaal en methode

Voor de aanpak in Freesia hebben de resultaten uit ander en eerder onderzoek naar het HNT, het parapluplan toevoeren droge buitenlucht en de deskstudie HNT Freesia als input gediend. Als eerste zijn kleinschalige proeven met bodemisolatie door afdekking van het teeltbed uitgevoerd op een praktijkbedrijf met als doel om de verdamping vanuit de bodem te verminderen. Effecten op gewas, klimaat en bodemtemperatuur bij bodemisolatie met verschillende materialen en laagdikten zijn onderzocht. Ten tweede is een prototype gemaakt van een kunststof warmtewisselaar om in een gevel in te bouwen die kan koelen en verwarmen. Deze is in een kasafdeling bij Tesselaar Freesia in Heerhugowaard gekoppeld aan drie systemen voor verspreiding van droge lucht. Droge lucht op kastemperatuur kon worden verspreid via slurven in het bed, een grote slurf boven het bed en met twee zeer grote ventilatoren ( $20.000 \text{ m}^3/\text{uur}$ ). De afdeling met de proefopstellingen was afgescheiden van de rest van de kas en als aparte groep regelbaar.

Met deze systemen is gedurende 15 maanden (2 volle teelten) een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden en effecten van buitenluchtaanzuiging in vergelijking met een referentieafdeling waarin op traditionele wijze geteeld is. Ook is in augustus 2012 voor 1 warmtewisselaar een koelmachine geplaatst om lucht terug te koelen en zo actief te ontvochtigen. De koude droge lucht is via de grote ventilatoren verspreid door de kas.

Tijdens deze proeven zijn de effecten op het klimaat en de bodemtemperatuur gemonitord met behulp van meetpalen en draadloze sensoren. Het effect op Botrytis is bepaald met een vaasleven proef (in maanden van hoog risico) en het optreden van breekstelen scheurstelen, bladpunten en plantopbouw (vorm / gewicht / lengte) is gemonitord door Hans Pronk. De resultaten met de systemen maakte een doorrekening in KASPRO niet nodig. Daarom zijn, naar aanleiding van de metingen aan planttemperatuur, in overleg met de BCO, metingen aan de lichttransmissie van het kasdek en planttemperatuur bij het toepassen van verschillende tijdelijke “coatings” (krijt-types) uitgevoerd.

Ten derde zijn met een groep anjerkwekers de mogelijkheden voor energiebesparing en toepassing van buitenlucht toevoer in de teelt bekeken en besproken in vier bijeenkomsten.

## Bodemisolatie

Voor bodemisolatie is zowel Styromul als Biofoam® geschikt om gebruikt te worden om de teeltgrond bij Freesia thermisch te isoleren en af te dekken tegen verdamping. De lichte, losse materialen kunnen succesvol verlijmd worden met een synthetische lijm of met cellulose papier. Het voordeel van synthetische lijm is dat het droger blijft, terwijl de papieren cellulose hygroscopisch (en dus “natter”) is. Energiebesparingseffecten van de afdekking van de bodem konden in deze proef niet worden gemeten, maar de berekende afname van het warmverbruik door bodemisolatie met een 5 mm laag bedroeg  $0.7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ jaar})$ . Indien een 20 mm laag zou worden gebruikt komt de berekende besparing op  $2.1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ jaar})$ . Op het eerste gezicht lijken de kosten van de isolatiematerialen dus hoger dan de verminderde stookkosten. Er zal echter ook effect zijn op grondkoeling in de zomer en aangezien koeling meestal duurder is dan verwarming kunnen de revenuen dan nog iets beter zijn. Daarnaast kan wellicht door hergebruik op kosten bespaard worden. Ten slotte kan in vervolgonderzoek verder gezocht worden naar het economisch optimum van kosten voor isolatie en energiebesparing.



De gewassen in de proef vertoonden een sterke groei bij betere isolatie. Ook is er duidelijk een veel constantere temperatuur in de bodem bij een dikkere afdeklaag. Het is goed mogelijk dat een betere isolatie van de bodem wel productievoordelen oplevert die in dit onderzoek niet konden worden vastgesteld, omdat de grondverwarming niet per individueel bed kon worden geregeld en de geïsoleerde bedden dus op een te hoge temperatuur uitkwamen.

### **Buitenluchttoevoer in Freesia**

De inzetbaarheid van buitenlucht toevoer is bij de Freesia teelt zeer beperkt, omdat het verschil in absoluut vocht tussen kas en buitenlucht vaak erg klein is. Eigenlijk moet een veel groter luchtdebiet worden toegepast om voldoende vocht af te voeren maar dan moet er zoveel warmte aan die buitenlucht worden toegevoerd dat het veel meer energie zou kosten dan de gangbare huidige gangbare praktijk. Als het buiten zo koud is dat het gewas afkoelt door uitstraling naar het koude scherm en de RV is laag door buitenluchttoevoer, dan is toch wat buisverwarming nodig om Botrytis te voorkomen. Ook wordt aanbevolen de Nivolatoren uit te zetten wanneer het buiten kouder is dan 5 graden en de buistemperatuur iets te verhogen. Deze maatregel kost relatief weinig energie en heeft een positief effect gehad op het voorkomen van Botrytis. Een beter isolerend scherm lijkt dus de eerste stap voor de beheersing van Botrytis in de winter en tevens meer energiebesparing. De verspreiding van droge buitenlucht met een slurf boven het gewas is dan technisch gezien voor Freesia de best implementeerbare optie die de beste verdeling geeft van droge lucht en temperatuur. Met actief ontvochtelingen door terugkoelen in combinatie met verspreiding via de Dairy Fan kon niet voldoende droge lucht, noch de gewenste verdeling bereikt worden. Zelfs als problemen met verdeling en capaciteit zich niet voordoen, dan nog zou de luchttoevoer capaciteit zover vergroot moeten worden dat dit economisch en energetisch de doelstellingen van dit onderzoek voorbij schiet.

### **Redufuse en planttemperatuur**

Redufuse verminderde de lichtdoorlating met 11% in de toepassing op dit bedrijf en bij direct licht. Bij diffuus licht (bewolkt weer) was de lichtdoorlating 7% lager bij gebruik van Redufuse in de toepassing op dit bedrijf. Zonder zonnescherm, en dus ook naast het zonnescherm, lopen de temperaturen van het jonge gewas erg hoog op. Dat is waarschijnlijk een gevolg van gebrek aan verdamping. Advies kan zijn om meer te vernevelen zodat de huidmondjes weer open gaan of om minder licht toe te laten. Uit de metingen is duidelijk geworden dat het werken met een schermkier geen ideale situatie oplevert, omdat een deel van het gewas nog steeds in de volle zon staat. Vermoedelijk zijn de gewastemperaturen in de kas zonder Redufuse bij deze meting lager geweest, omdat het gewas volgroeider is en meer verdampt. Dit onderwerp was geen aandachtspunt in het projectplan en dus was helaas, binnen de gegeven situatie op het bedrijf, de beschikbare tijd, een betere vergelijking dan dit niet mogelijk.

### **Energiebesparing bij anjer**

Modelsimulaties tonen aan dat in de anjerteelt het installeren van een beweegbaar tweede energiescherm de grootste energiebesparing kan opleveren, omdat dan in zowel oud als jong gewas de kas beter geïsoleerd kan worden. Of droge buitenlucht toevoer hierbij een noodzakelijk onderdeel van de kasuitrusting is blijft onderwerp van discussie. Het toevoeren van droge buitenlucht van onderuit door een anjergewas is wel goed mogelijk, gezien de ervaringen met een rookproef. De plaatsing van een slurf van voldoende diameter lijkt ook goed mogelijk, maar over de meest waarschijnlijke positie kon geen overeenstemming bereikt worden. In een folietent was de invloed van de verwarmingsbuis op luchtbeweging goed zichtbaar, maar de buitentemperatuur ten tijde van de proef was -10 °C, dus de buis was ook erg warm. Ondanks de hoge buistemperatuur en lokaal sterke luchtbeweging was er tussen het gewas in het midden van het bed een zeer langzame luchtstroom.

De anjerkwekers zien de investering van een buitenluchttoevoer systeem als een struikelblok. De besparing uit gas geeft onvoldoende investeringsruimte, dus moet er ook een voordeel op kwaliteit en/of productie zijn. Hierover is lang gepraat en blijven de meningen uiteen lopen. Een deel van de kwekers wil dit wel eens zien en realiseert zich dat de investeringsruimte ook van de gasprijs afhangt. Een ander deel ziet onvoldoende mogelijkheden voor verbetering van de kwaliteit en productie om hier verder naar te kijken. De kwekers wachten met belangstelling de resultaten af van de proeven die nu lopen met verschillende gewassen en verschillende technieken.

### **Slotconclusies**

Door bodemisolatie met een dikkere afdeklaag wordt een berekende energiebesparing van  $2,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jr}$  verwacht door met name betere thermische isolatie, maar ook door beperking van de verdamping uit de bodem. De besparing op koeling is dan nog niet in de berekening meegenomen. Energiebesparing lijkt te kunnen opwegen tegen de kosten van het beter isoleren van de bodem.

Voor toevoeren van buitenlucht in Freesia lijkt technisch gezien een grote slurf boven het gewas in combinatie met nivolutoren het best te implementeren en de meest gelijkmatige verdeling van droge lucht en temperatuur te geven. De toevoer van droge buitenlucht via een warmtewisselaar kan bij gewassen met een lage teelttemperatuur echter onvoldoende vaak ingezet worden. De lage teelttemperatuur zorgt voor zeer kleine verschillen in absoluut vochtgehalte tussen kaslucht en buitenlucht. Daardoor is een dermate grote luchtcapaciteit noodzakelijk dat dit economisch en energetisch zijn doel voorbij schiet. Ook actief ontvochtigen door koelen aan het eind van de zomer en najaar kan de effectiviteit en rentabiliteit onvoldoende verbeteren. Bovendien is het voorkomen van condensatie door een lage gewastemperatuur voor de beheersing van Botrytis in de winter misschien wel belangrijker dan beheersing van de luchtvochtigheid. Een beter isolerend scherm lijkt dan zinvoller en biedt ook weer mogelijkheden voor meer energiebesparing.

In de anjerteelt blijkt uit berekening dat het installeren van een beweegbaar tweede energiescherm de grootste energiebesparing kan opleveren, omdat dan in zowel oud als jong gewas de kas beter geïsoleerd kan worden. Of droge buitenlucht toevoer hierbij een extra kwaliteitsvoordeel kan geven blijft onderwerp van discussie. De te behalen energiebesparing is onvoldoende groot om de kosten voor een energiescherm en installatie voor toevoer van droge buitenlucht terug te verdienen.





# 1 Inleiding

Het onderzoek in dit rapport maakt onderdeel uit van het programma Kas als Energiebron, welke wordt gefinancierd door het ministerie van EZ en Productschap Tuinbouw. Binnen dit programma valt dit onderzoek onder het transitie pad teeltstrategieën. Doel van dit programma is dat bestaande glastuinbouwbedrijven kunnen profiteren van nieuwe inzichten en zo zonder hoge investeringen kunnen besparen op het energieverbruik. Plant en teelttechniek staan hierbij centraal.

## 1.1 Het Nieuwe Telen

Het Nieuwe Telen is volgens definitie van het programma Kas als Energiebron substantieel energiezuiniger telen, waarbij plant en teelttechniek centraal staan, met inzet van technieken om de warmtevraag te beperken en een optimaal teeltklimaat te handhaven. Het Nieuwe Telen combineert kennis vanuit (semi-) gesloten kassen en traditionele teeltwijze, tot een economisch verantwoorde wijze van geconditioneerd telen. De inzet van technieken kan stapsgewijs op bedrijfsniveau plaatsvinden.

Kenmerkend voor Het Nieuwe Telen zijn de volgende aspecten:

1. Vermindering van de energievraag. Bijvoorbeeld vermindering van de warmtevraag door intensieve isolatie met energieschermen. Intensief betekent zowel meer uren schermen, meerdere schermen toepassen als beter isolerende schermen inzetten. Andere voorbeelden om de energievraag te verminderen zijn efficiënter koelen en belichten.
2. Inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing, met name gecontroleerde toediening van (droge) buitenlucht, in plaats van minimumbuis en vochtlierregelingen.
3. Telen met de natuur (licht en buitentemperatuur) mee: lichtafhankelijke temperatuurintegratie, aanpassing van plant- en oogstdata en meer licht toelaten door o.a. inzet van koeling of diffuus glas/coating.
4. Vermindering van de ventilatie door luchtbevochtiging, zodat de plant beter CO<sub>2</sub> kan opnemen en de concentratie in de kas langer hoog gehouden kan worden door beperking van de ventilatie.
5. Verbetering van de temperatuur en vochtverdeling in de kas door gecontroleerde luchtbeweging.
6. Inzet van actieve koeling waarbij de verzamelde warmte op het eigenbedrijf nuttig kan worden toegepast (duurzame benutting van zonne-energie). Een alternatief is om niet te koelen maar direct duurzame warmtebronnen te benutten, bijvoorbeeld aardwarmte.

(Kas als Energiebron, 2010).

### 1.1.1 Knelpunten van Het Nieuwe Telen bij koude teelten

Specifieke gewassen kennen ook specifieke knelpunten. In de relatief koude teelten zoals Freesia en Anjer loopt, door de lage teelttemperatuur, de luchtvochtigheid al snel op, wat een knelpunt vormt voor de toepassing van maatregelen uit Het Nieuwe telen. Er kan energie bespaard worden door de kas beter te isoleren en de luchtramen meer gesloten te houden, maar dan moet er een oplossing gevonden worden voor de oplopende luchtvochtigheid.

Hoge luchtvochtigheid brengt schimmelziektes of fysiogene afwijkingen met zich mee. De klassieke oplossing hiervoor is een minimumbuis en stoken met open luchtramen, maar dat kost gas en geld. Er zijn inmiddels bij verschillende gewassen positieve ervaringen opgedaan met het toevoeren van droge buitenlucht om dit knelpunt aan te pakken. Het huidige aanbod aan systemen voor buitenluchtaanzuiging is relatief groot en ingericht om in veel situaties toegepast te worden. Dit maakt de kostprijs van deze installaties vrij hoog wat de rentabiliteit onder druk zet.

In een eerder project “parapluplan toevoeren buitenlucht” werkte Wageningen UR Glastuinbouw met partners aan eenvoudige systemen die breed inzetbaar zijn. In dat project zijn ervaringen met Het Nieuwe Telen gebundeld en vervolgens zijn voor drie pilot gewassen maatwerk oplossingen ontworpen: biologische vruchtgroenten (tomaat en paprika), *Matricaria* en *Gerbera*. Deze teelten zijn qua teeltsysteem representatief voor een groot aantal teelten, maar niet representatief voor een aantal andere gewassen, waaronder Anjer en Freesia. De teeltomstandigheden bij deze gewassen vereisen een andere aanpak van Het Nieuwe Telen.

## 1.2 Vochtbeheersing bij koude teelten

Algemeen gesteld zijn er vele factoren die van invloed zijn op de installatie van een buitenluchttoevoer systeem: Padbreedte, plantverband, dichtheid en opbouw van het gewas, teeltsysteem, hijsgas of traditioneel gaas, aanwezigheid WKK, Fotoperiodiciteit, temperatuurbehoefte (winter), verdamping, overschotten aan (laagwaardige) warmte en watergeefstelsel.

De teelt van zowel Freesia als anjer vindt een gedeelte van het jaar plaats bij een lage temperatuur van 8 °C. Deze lage temperatuur maakt de kans op condens en daarmee op schimmelziekten (*Botrytis*, roest, etc.) groter. Uit de studie ‘Energiezuinig teeltsysteem snijbloemen/Het Nieuwe Telen *Alstroemeria*’ bleek dat in deze echt koude teelten zoals Freesia en Anjer de vochtbeheersing een zeer belangrijke rol speelt. Bij Freesia is 46% van de verwarmingsenergie toe te schrijven aan het wegstoken van vocht (van der Helm en van Weel, 2012). Het inbrengen van opgewarmde buitenlucht lijkt dus een voordehand liggende maatregel uit het pakket van “Het Nieuwe Telen”. De mogelijkheid van het tot kaslucht opgewarmde buitenlucht inblazen om te ontvochtigen is echter in deze teelten minder effectief dan in bijvoorbeeld *Alstroemeria* (17 °C etmaal), omdat de gewenste kastemperatuur nog vaker lager is dan de buitentemperatuur. Naar verwachting is het drogende effect van buitenlucht bij deze teelten ongeveer de helft van de tijd te klein. Een alternatief is de lucht extra te drogen door een proces van koeling, actief ontvochtigen. Wellicht kan in perioden van hoge buitentemperatuur actief ontvochtigen de RV voldoende beheersen zonder minimumbuis en daaruit volgende ongewenste verhoging van de temperatuur. Op veel Freesia bedrijven is al een warmtepomp aanwezig voor de bodemkoeling. Door deze te combineren met een buffer is voor actief ontvochtigen in Freesia maar 7 W/m<sup>2</sup> nodig om 35 W/m<sup>2</sup> energie te benutten.

Uit de doorrekeningen (deskstudie) HNT Freesia blijkt dat ca. 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> besparing te realiseren is door de toevoer van vocht te beperken. Dit door via aangepaste isolatie en watergift verdamping vanuit de bodem tegen te gaan. Bijkomend voordeel is dat hiermee ook energiebesparing bereikt kan worden op bodemverwarming en koeling. Een bij Freesia uitgevoerde proef met verschillende materialen (Van Weel, 2011) toont aan dat het mogelijk is de bodem te isoleren zonder de gewasgroei negatief te beïnvloeden. Het effect op verdamping en warmteverlies/opwarming is in die proef niet bepaald. Verbeterde vochtbeheersing door actieve ontvochtiging samen met verbeterde isolatie van de bodem kan maximale energiebesparing door intensiever schermen in Freesia en anjer mogelijk maken.

## 1.3 Projectdoelstellingen

Doel van dit project was oplossingen te vinden voor het beheersen van het vochtprobleem bij koude teelten. De resultaten uit dit project zijn in meer of mindere mate representatief voor andere koude teelten of seizoensgewassen zoals leeuwenbekken, pioenrozen, ranonkels, ridderspoor, Calla, *Ornithogalum* en andere zomerbloemen.

### 1.3.1 Algemene Doelstelling

Ontwerpen en testen van werkbare en betaalbare systemen die ingezet kunnen worden voor klimaatsturing volgens Het Nieuwe Telen bij gewassen met een lage temperatuurbehoefte.

## 1.3.2 Energiedoelstelling Freesia

De potentiële energiebesparing door betere isolatie en vochtbeheersing bij Freesia wordt geschat op  $7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  (50%, excl. stomen en belichting) op het totaal bedrijfsverbruik, maar dit is afhankelijk van de effecten op het gewas. Dit project moet meer duidelijkheid geven over de kwantitatieve effecten van actieve ontvochtiging en het afdekken van de bodem op de gewasgroei van Freesia.

## 1.3.3 Energiedoelstelling Anjer

Voor anjer is met een teeltstrategie op basis van het nieuwe telen een besparing op het absolute energieverbruik van  $10 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2 \text{ per jaar}$  (40%) berekend (Labrie en de Zwart, 2010).

In dit onderzoek beperken de activiteiten bij anjer zich tot verkenningen:

- Herberekend wordt of deze besparing echt haalbaar is (deskstudie) voor verschillende gewasleeftijden
- Verkend wordt met behulp van rookproeven of en waar een buitenluchttoevoer systeem geplaatst kan worden in dit gewas (jong en oud gewas) en hoe de luchtverdeling is.
- Met telers worden de kansen en knelpunten besproken.

## 1.3.4 Technische doelstelling

### **Freesia**

Bij Freesia is daarvoor een “Proof of principle” uitgevoerd van technieken die in het project “HNT Freesia” benoemd zijn: te weten bodemisolatie, actieve ontvochtiging met gebruik van warmtepomp en de plaats van slurven in het Freesia-teeltsysteem. Het onderzoek heeft zich gericht op het toetsen van een betaalbare installatie van LBK's en slurven (maximaal  $\text{€ } 7 / \text{m}^2$ ) die  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$  buitenlucht tussen het Freesia gewas kan brengen. De kosten voor een systeem met actieve ontvochtiging op bedrijven met een warmtepomp voor grondkoeling worden dan geschat op ongeveer  $\text{€ } 10 / \text{m}^2$

### **Anjer**

Bij anjer is daarvoor gezocht naar de mogelijke plaats van slurven in het anjer-teeltsysteem. Inzicht in de luchtstromen door de kas en tussen het gewas met en zonder buitenluchtaanzuiging in oud gewas en jong gewas in een folietent.

## 1.3.5 Gewasdoelstellingen

Naast deze energiedoelstelling verwachten we ook dat problemen met breekstelen en Botrytis verminderd kunnen worden bij Freesia.

Bij anjer verwachten we tevens dat de productie van klasse 1 product 10% toe kan nemen door minder problemen met schimmelziekten en doordat het aantal bladpunten in gevoelige soorten sterk afneemt.

## 1.3.6 Communicatiestructuur

Voor dit project “uitbreiding parapluplan” naar de koude teelten zijn twee gewaswerkgroepen opgericht (Freesia en anjer). Beide groepen vergaderden afzonderlijk, maar daarnaast hebben beide denktanks ook gezamenlijke bijeenkomsten gehouden met meerdere kwekers. De denktank voor Freesia bestond uit Marcel Tesselaar, Marco Mol, Ben Akerboom, Peter Penning, Hans Pronk en Rick Gerichhausen. Voor Anjer bestond deze uit Martin Zwinkels, Marcel Grootsholten en Louis van der Hoorn.

## **1.4 Leeswijzer**

In deze rapportage worden de activiteiten met de gewassen Freesia en Anjer in afzonderlijke hoofdstukken behandeld. Voor Freesia omvat dit de proef met buitenluchttoevoer bij teler Tesselaar (hoofdstuk 3), een bodemafdekproef bij teler Pieter van Velden (hoofdstuk 2), en een onderzoek naar de invloed op klimaat en gewastemperatuur bij het toepassen van een tijdelijke “coating” (krijt) op het kasdek bij Tesselaar (hoofdstuk 4). Deze worden ieder in een apart hoofdstuk behandeld. Voor Anjer zijn alle werkzaamheden en resultaten en conclusies in hoofdstuk 5 beschreven.

## **2 Bodemisolatie**

### **2.1 Inleiding**

Voor de ontwikkeling van de bloemknop is bij Freesia een constante bodemtemperatuur van 16 °C bij de start van de teelt noodzakelijk. Hiervoor zetten kwekers zowel bodemkoeling als -verwarming in, afhankelijk van de tijd van het jaar. Hoe beter en constanter de optimale temperatuur bij het groeipunt (in de bodem), hoe beter de kwaliteit en productie. Voor en na de koude periode van knopaanleg wordt de bodemtemperatuur op 18 °C tot 20 °C gehouden om de groei te stimuleren. In de winter is de bodemtemperatuur vaak hoger dan de ruimtetemperatuur waardoor de verdamping uit de bodem relatief groot is. Meer verdamping uit de bodem leidt tot meer energieverbruik om dit vocht weer af te voeren en vormt een knelpunt voor het sterk isoleren van de kas. Het afdekken van de verwarmde grond met verschillende synthetische materialen als isolatielaag kan de verdamping uit de bodem verminderen, en daarmee dit knelpunt verminderen en meer energiebesparing mogelijk maken.

Daarom is bij een freesiateler een proef uitgevoerd waarbij verschillende afdekmaterialen van verschillende diktes, al dan niet gelijmd, zijn gebruikt. De proef is uitgevoerd tussen 8 januari en 30 maart 2012.

### **2.2 Materiaal en methoden**

#### **2.2.1 Proeflocatie**

De proef is uitgevoerd bij P.J. van Velden, Groeneweg 8a, te 's Gravenzande in een kas met pas gepote Freesia knollen. Er was grondkoeling en verwarming in de bedden met PE slangen op een onderlinge afstand van 35 cm van elkaar. De temperatuur in de kasruimte was 7-10 °C. De relatieve luchtvochtigheid in de kas varieerde tussen 60-90% en het CO<sub>2</sub>-gehalte was 450 ppm.

#### **2.2.2 Proefopzet**

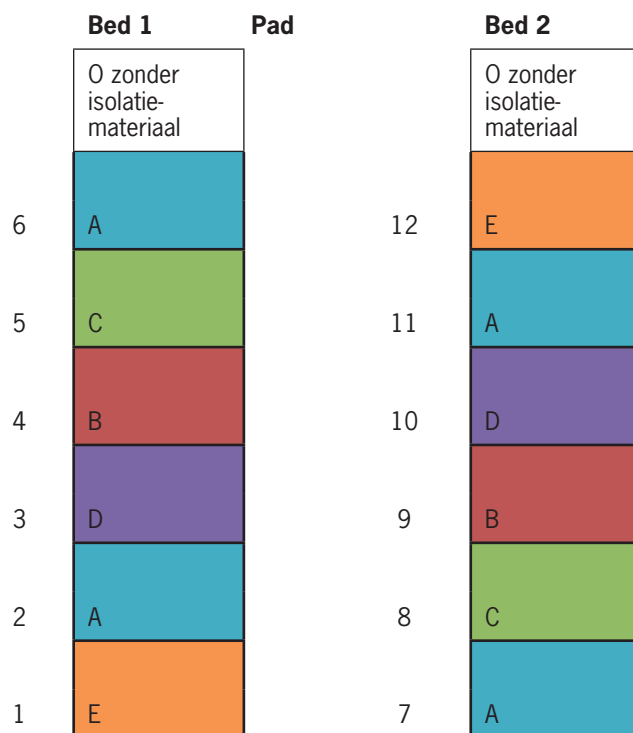
Op twee teeltbedden zijn 12 veldjes met afmetingen van 2 m x 1,2 m aangelegd. Twee materialen (Styromul en Biofoam) zijn in twee diktes (5 en 20 mm) al dan niet gelijmd gebruikt om de aangelegde vlakken mee af te dekken. Biofoam® is gebruikt als een bio-based alternatief voor styromul (polystyreen) die is geleverd door het bedrijf Synbra. "Stork" staat voor een synthetisch lijm materiaal dat is geleverd door "Stork lijmen"; het verlijmen van de materialen gebeurt door de lijm te sproeien over het gestrooide materiaal, zoals het te zien is in Figuur 3. "Papier" staat voor een vloeibaar papier cellulose geleverd door van der Stelt.

De afdekmaterialen zijn toegepast direct na het planten van de Freesia knollen van ras "Ambassador". De bodemtemperatuur werd bereikt door koelen of verwarmen volgen het normale teeltregiem van de teler (starten bij 20 °C gevolgd door een verlaging naar 15 °C voor de bloeiinductie, 3 weken na het planten. De bodembehandelingen met verschillende isolatiematerialen en laagdikten staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1. De bodembehandelingen met verschillende isolatiematerialen en laagdikten.

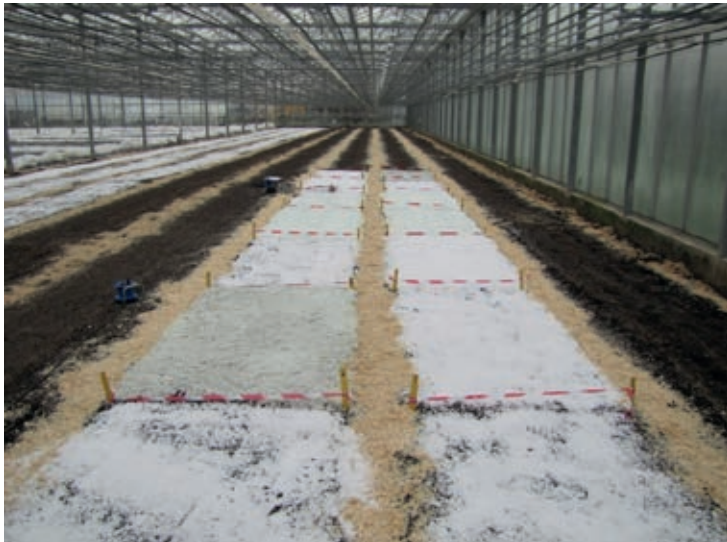
code	materiaal	afdekdicke (mm)	Lijm
A	Styromul	5	geen
B	Biofoam	5	geen
C	Styromul	20	Stork
D	Biofoam	20	Stork
E	Biofoam	20	papier

Alle behandelingen kwamen per bed één keer voor, behalve behandeling A (Styromul, 5 mm isolatielaag) die twee keer voorkwam. Deze behandeling komt overeen met de gangbare praktijk en is daarom in tweevoud per bed aangelegd (Figuur 1.). Bij elk bed is ook een veldje zonder isolatiemateriaal gecreëerd. De verdeling van de afdekvlakken in de kas zijn schematisch weergegeven in Figuur 1. en Figuur 2. geeft een beeld van de proefveldjes na het planten.



Figuur 1. Proefschema van de bodembehandelingen met verschillende isolatiematerialen en laagdikten.





*Figuur 2. De proefveldjes in de kas bedekt met verschillende isolatiematerialen en verschillende laagdikten.*



*Figuur 3. Het verlijmen van de afdekmaterialen.*

### 2.2.3 Metingen en waarnemingen

In de aangelegde velden zijn op 24 en 25 januari 2012 metingen uitgevoerd van Temperatuur, verdamping en respiratie van de bodem met behulp van een LCPro<sup>+</sup> van ADC BioScientific Ltd. Om deze metingen te kunnen uitvoeren wordt de bladkamer van de LCPro<sup>+</sup> verwijderd en de “soil respiration hood” op de meetarm bevestigd. Met behulp van een LCPro<sup>+</sup> met de “soil respiration hood” kan de verdamping en de CO<sub>2</sub>-produktie (respiratie) uit de bodem worden gemeten. De soil respiration hood bestaat uit een PVC kamer met een ventilator en een ventilatieopening (Figuur 4.). De ventilatoropening houdt de luchtdruk in de kamer constant. De PVC kamer kan op een stalen ring worden geplaatst die in de bodem kan worden gedrukt. Het oppervlak van deze stalen ring is 97.5 cm<sup>2</sup>.



*Figuur 4. Meting van de bodemverdamping met de LCPro+ en "soil respiration hood".*

Van de inkomende en uitgaande lucht in de kamer wordt de luchtvochtigheid en de CO<sub>2</sub> concentratie gemeten. De temperatuur in de kamer wordt gemeten. Met een aparte thermometer kan de temperatuur van de te onderzoeken bodem worden gemeten. De gemeten parameters worden regelmatig gedurende de meting opgeslagen. De metingen zijn verricht precies tussen de verwarmingsslangen. De temperatuurvoeler is op een afstand van 5 cm van de verwarmingsslang in de grond gestoken. De temperatuur is op een diepte van 6 cm in de bodem gemeten, op dezelfde diepte waar ook de Freesia knollen zijn gepoot.

Daarnaast is er continu gemeten met bodemtemperatuursensoren gedurende de eerste 10 weken na planten naast en tussen de verwarmingsbuizen.

De groei van het gewas door de isolatielaag is gevolgd en de effecten op het gewas zijn waargenomen door metingen verricht aan de oogst van een van de twee (vier) veldjes van elke behandeling door de kweker en voorlichter Hans Pronk.

## 2.2.4 KASPRO simulaties

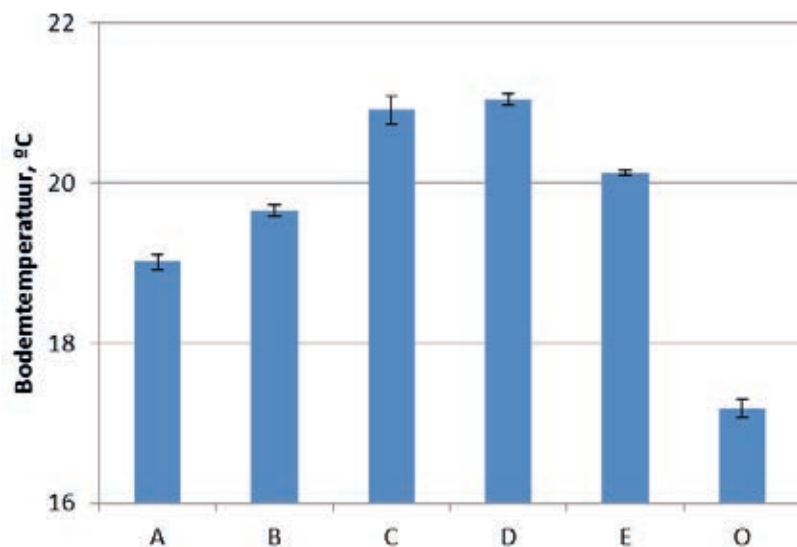
Om de beperking van de verdamping te berekenen is het effect van verhoogde bodemtemperatuur op de verdamping met KASPRO gesimuleerd voor bodemtemperaturen van 16 °C, 18 °C en 23 °C. De verdamping uit de simulatie is vergeleken met de gemeten verdamping om de beperking van de verdamping vast te stellen. Ook de thermische isolatie is met behulp van KASPRO gekwantificeerd door de k-waarde te bepalen van isolatie die nodig zou zijn om de gemeten temperatuurverschillen te verklaren bij een gelijkblijvende verwarmingsbron. Met deze waarden is de verwachte energiebesparing van deze maatregel bepaald.

## 2.3 Resultaten

Hieronder worden alle resultaten van de verschillende behandelingen weergegeven en besproken. Zowel van de incidentele metingen (bodemtemperatuur, verdamping en respiratie) als van de continu metingen (bodemtemperatuur), de simulaties van de verdamping, en de gewasreacties.

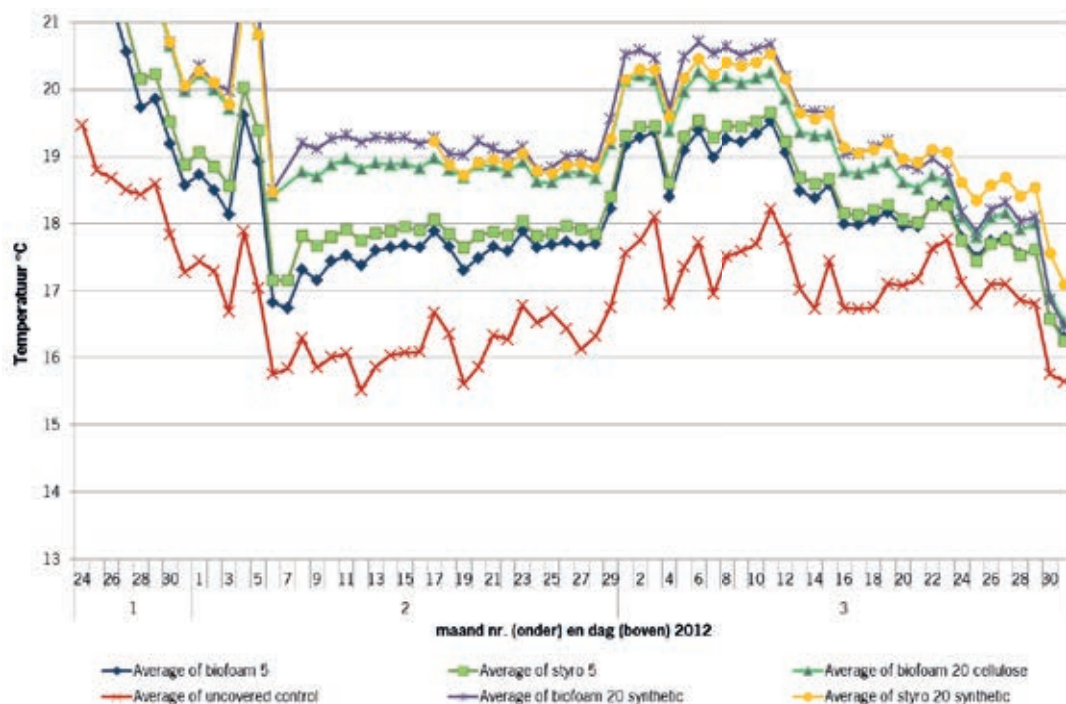
### 2.3.1 Bodemtemperatuur

De bodemtemperatuur gemeten op 24 en 25 januari van de onbedekte veldjes (O) op 6 cm diepte onder het isolatiemateriaal is weergegeven in Figuur 5, en de getallen in Tabel 2. Onder een 20 mm laag Biofoam® of styromul werd een temperatuur verhoging ten opzichte van de onbedekte controle gemeten van maximaal 3.8 °C. Daarnaast werd een temperatuurverhoging gemeten van 1.2 °C tot 2 °C in vergelijking met de 5 mm laag Biofoam® of Styromul. Dit duidt op een betere isolatie, want in alle proefvakken was de grondverwarming hetzelfde. De grond bedekt met synthetisch gelijkde Biofoam® was wel 1 °C warmer dan de grond bedekt met Biofoam® met papier en cellulose lijm, waarbij het verschil dus met de 5 mm laag dus kleiner was. Bij een 5 mm dikke laag leek de isolatie met Biofoam® iets beter dan met styromul. Een observatie dat Biofoam® beter verdeeld op de bodem bleef liggen dan Styromul sluit hier op aan.



Figuur 5. De gemiddelde bodemtemperatuur op 6 cm diepte onder het isolatiemateriaal, bij de verschillende behandelingen, als gemeten op 24 en 25 januari. Verticaal lijntje is de standaardafwijking van het gemiddelde ( $n=4$ , behandeling A;  $n=8$ ). (A=5mm styromul, B=5 mm biofoam, C=20mm styromul +lijm, D = 20mm biofoam+lijm, E=20mm biofoam+papier, O=onafgedekt).

De resultaten van de continu meting van de bodemtemperatuur is in de tijd uitgezet (Figuur 6.) voor elke behandeling (gemiddeld over de 2 of 4 veldjes). Hierin is te zien dat de verschillen in temperatuur tussen de bodem onder verschillende materialen bleven bestaan gedurende de hele meetperiode (10 weken), maar kleiner lijken te worden naarmate de gewasbedekking toeneemt. Zonder afdekking heeft de bodem de laagste temperatuur en de grootste schommelingen. De hoogste temperatuur en de minste schommelingen zijn bereikt onder de 20 mm afdekkingen.



Figuur 6. Effect bodemafdekking op de gemiddelde etmaaltemperatuur van de bodem over een periode van 10 weken.

## 2.3.2 Bodemverdamping en bodemrespiratie

De gemeten bodemverdamping op 24 en 25 januari (uitgedrukt als uitwisselingsnelheid van water tussen de bodem en de omgeving) en de gemeten bodemrespiratie (uitgedrukt als uitwisselingsnelheid van  $\text{CO}_2$  tussen de bodem en de omgeving) van de verschillende behandelingen is weergegeven in Tabel 2.

De gemeten uitwisseling van water (een maat voor de verdamping) was hoger bij zowel alle afdekkingen dan bij de niet-afgedekte bodem. Er was geen significant verschil tussen 5 en 20 mm lagen.

De gemiddelde  $\text{CO}_2$  uitwisseling tussen de bodem en de lucht was ook hoger in alle afgedekte behandelingen dan in de niet afgedekte bodem. Meer  $\text{CO}_2$  uitwisseling is het gevolg van meer activiteit van de bodemfauna. De dikste lagen geven hogere  $\text{CO}_2$  uitwisseling, waarschijnlijk door de hogere temperatuur. De 20 mm Biofoam® met cellulose lijm lijkt een nog hogere respiratie bij een iets lagere temperatuur te geven. Dit komt waarschijnlijk door het hogere vochtgehalte (het papier houdt water vast) en vanwege het feit dat de cellulose zelf afbreekbaar is. De verschillen waren echter niet statistisch betrouwbaar. Tussen de behandelingen met een 5 mm dikke laag Styromul of Biofoam was geen verschil in  $\text{CO}_2$  productie.

Tabel 2. Effect bodemverdampingsbehandelingen op de gemiddelde bodemtemperatuur,  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$  uitwisseling.

Afdekbehandeling	Gem. T-bodem (°C) Fprob <0,001, LSD 0,93	Gem. $\text{H}_2\text{O}$ uitwisselingssnelheid, $\text{mg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Fprob 0,035, LSD 0,28	gem $\text{CO}_2$ uitwisselingssnelheid, $\mu\text{mol}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Fprob <0,001, LSD 0,59
5 mm Styromul, geen lijm	19.0 b	4.0 b	2.5 b
5 mm Biofoam®, geen lijm	19.7 b	4.0 b	2.5 b
20 mm Styromul, verlijmd	20.9 c	4.1 b	2.8 bc
20 mm Biofoam®, verlijmd	21.0 c	4.1 b	3.2 cd
20 mm Biofoam®, papier	20.1 c	4.1 b	3.5 d
Niet afgedekt controle	17.2 a	3.7 a	1.8 a

De gemeten verhoogde uitwisseling van water en CO<sub>2</sub> van alle afgedekte behandelingen ten opzichte van de onbedekte behandeling zijn naar zeer waarschijnlijk het gevolg van de hogere temperatuur in de bodem onder een laag isolatiemateriaal: zowel de verdamping als de respiratieprocessen verlopen sneller bij een hogere temperatuur. Het netto effect op de verdamping kon in deze praktijkproef dus niet gemeten worden en is daarom berekend in 2.3.3.

### 2.3.3 Berekenende bodemverdamping en energiebesparing

Helaas kon in de praktijkproef de verwarming niet per proefvak worden geregeld, en daarom leidde de hogere isolatie tot een hogere bodemtemperatuur en kon de energiebesparing niet zonder meer uit de metingen worden bepaald. In principe leidt isolatie van de bodem langs drie wegen tot energiebesparing. In de eerste plaats neemt het benodigde verwarmingsvermogen af als de bodem beter geïsoleerd wordt. In de tweede plaats neemt de verdamping van vocht uit de grond af bij een betere isolatie en als de verdamping afneemt neemt ook de opname van latente warmte uit de grond af. In de derde plaats neemt de warmtevraag van een kas met een geïsoleerde bodem af omdat de vochtproductie afneemt en daarmee de ventilatiebehoefte op vocht. Om toch iets over het effect van de isolatie van de bodem op het energieverbruik te bepalen is daarom gebruik gemaakt van het kasklimaatmodel KASPRO.

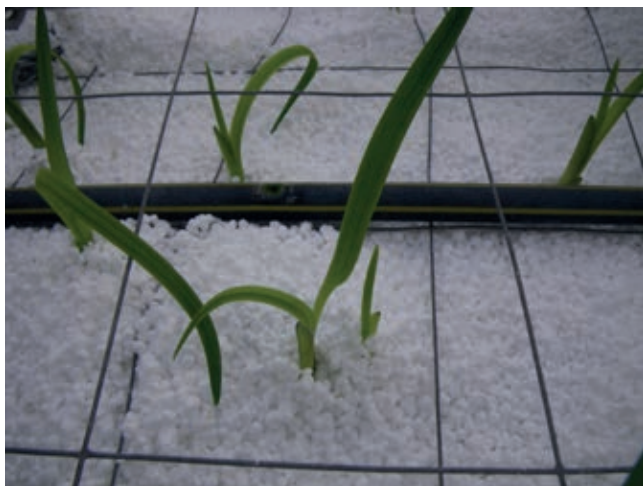
Hierbij is eerst gekeken bij welke mate van bodem isolatie de waargenomen toename van de bodemtemperatuur bij gelijkblijvend verwarmingsvermogen kon worden verkregen. Het bleek dat een 5 mm dikke isolatie qua gedrag overeenkwam met een warmteoverdracht coëfficiënt van 1.3 W/(m<sup>2</sup> K) en dat het gedrag van 20 mm isolatie goed beschreven werd met een warmteoverdracht coëfficiënt van 0.7 W/(m<sup>2</sup> K). Met overeenkomend gedrag wordt hier bedoeld dat bij toepassing van deze overdracht coëfficiënten de bodem de waargenomen 2 tot 3 °C warmer werd bij gelijkblijvend verwarmingsvermogen en een ongeveer gelijkblijvende verwarming.

Toepassing van deze isolatiegraden op een jaarrond simulatie met een ingestelde bodemverwarming op 16 °C leidde tot een vermindering van het gasverbruik van de kas met 0.7 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar) bij toepassing van een 5 mm isolatielaag en 2.1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar) bij toepassing van een 20 mm isolatielaag. Het energieverbruik voor de grondverwarming nam af met respectievelijk 0.5 en 1.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar). Het grootste deel van de vermindering komt dus uit een directe verlaging van de energie die nodig is voor de regeling van de bodemtemperatuur en voor een veel kleiner deel door de vermindering van de energie die nodig is voor de ontvochtiging van de kas.

### 2.3.4 Gewasreacties

De planten konden ook in deze proef goed door alle isolatiematerialen heen groeien, zoals eerder al in onderzoek is vastgesteld (Weel *et al.* 2011). Figuur 7. laat zien hoe de planten door het verlijmde styromul zijn gegroeid. De gewasreacties, weergegeven als productie in aantal bloemen, bloemgewicht, bloemlengte, aantal dagen tot bloei (eerste bloem) en tot einde oogst staan in Tabel 3.





*Figuur 7. Freesia groeit door een verlijmde styromul laag.*

De dikte van de afdeklaag had een grotere invloed op het gewas dan het soort materiaal of lijm dat werd gebruikt en daarom zijn de resultaten weergegeven per dikte van de afdeklaag (Tabel 3.). De 20 mm laag leidde tot een visueel waargenomen meer vegetatieve groei (meer en grotere bladeren). Niet bekend is of dit effect het gevolg is van veranderd wortelmilieu (bodemvochtigheid) of van de hogere bodemtemperatuur tijdens de bloemaanleg.

Het aantal dagen tot bloei was langer onder een dikke afdeklaag, maar vooral het aantal dagen tot het einde oogst was langer bij een dikkere afdeklaag (Fprob 0.79). Dit is naar verwachting een direct gevolg van de hoger bodemtemperatuur. Ondanks de sterkere groei en de langere teeltduur onder een dikke afdeklaag zijn geen duidelijke verschillen in productie, bloemgewicht of bloemlengte gemeten.

*Tabel 3. Gewasreacties Freesia als gevolg van de verschillende bodemafdekbehandelingen.*

Afdekbehandeling	Aantal bloemen	Gem. Bloem gewicht (g)	Gem. Bloem gewicht 2e bloem(g)	Gem. Bloem lengte (cm)	Gem. Bloem lengte 2e bloem (cm)	Tijd tot einde oogst (dagen)	Tijd tot bloei (1e bl.) (dagen)
<b>Biofoam®/stryromul 20mm</b>	210	25.8	15.5	48.8	47.0	152.0	110.7 a
<b>Biofoam®/stryromul 5mm</b>	215	24.3	15.8	49.7	48.3	147.3	104.7 b
<b>Niet afgedekt (controle)</b>	218	24.9	16.5	51.1	49.2	133.0	102.0

## 2.3.5 Economische en ecologische implicaties

Een dikkere laag van 20 mm verbetert de isolatie, maar er is vier keer zoveel materiaal voor nodig. Een 5 mm styromul laag kost ongeveer € 0,15,- per m<sup>2</sup>. Voor 2 teelten per jaar dus € 0,30,- per m<sup>2</sup> per jaar. Bij een 20mm dikke afdeklaag stijgen de kosten naar € 1,20 per m<sup>2</sup> per jaar. De prijs van Biofoam® is iets hoger (ca. 6%). Voor een dikkere afdeklaag staat hier een besparing van 1,4 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup> per jaar tegenover. Zelfs zonder de kosten van de lijm en arbeid te berekenen, is het niet waarschijnlijk dat de kosten van 20 mm dikke laag isolatiemateriaal terugverdiend kunnen worden uit de energiebesparing op verwarming. Daarnaast, zal betere bodemisolatie naast een besparing op de grondverwarming ook invloed hebben op de kosten voor grondkoeling. Aangezien koeling meestal duurder is dan verwarming kan de besparing in deze tijd de kosten voor isolatie nog wat beter terugverdienen.

Ook kan de rentabiliteit verbeteren als het materiaal zonder veel arbeid hergebruikt kan worden. Wellicht dat de afdeklaag (gedeeltelijk) al uit het gewas gezogen kan worden als de gewasbedekking toeneemt en het effect van isolatie kleiner wordt. Ook lijkt het erop dat een laag die iets dikker is dan 5 mm al meer energiebesparing kan geven, maar er zou getoetst en gemeten moeten worden tot welke dikte dit economisch rendabel is.



Voor de productie van Styromul is zowel energie als olie (ruw materiaal) nodig. Het product blijft in de grond na de teelt en krimpt bij het stomen van de grond tot niet waarneembare deeltjes. Biofoam® heeft vergelijkbare isolatie-eigenschappen en is organisch van oorsprong. De leverancier geeft aan dat het materiaal na verhitting boven 60°C in de grond door micro-organismen wordt afgebroken. In de praktijk betekent dit dat na stomen de Biofoam® langzaam verdwijnt.

## 2.4 Discussie en conclusies

Zowel Styromul als Biofoam® is geschikt om de teeltgrond bij Freesia thermisch te isoleren *et al.* te dekken tegen bodemverdamping. De lichte, losse materialen kunnen succesvol verlijmd worden met een synthetisch lijm of met papiercellulose. Het voordeel van de eerste is dat het droger blijft, terwijl de papiercellulose hygroscopisch is (en dus “natter”). Energiebesparingseffecten van de afdekking van de bodem zijn berekend op een afname van het warmverbruik door bodemisolatie met een 5 mm laag van 0.7 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar). Indien een 20 mm laag zou worden gebruikt komt de berekende besparing op 2.1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar).

Op het eerste gezicht lijken de kosten van de isolatiematerialen dus hoger dan de verminderde stookkosten. Er zal echter ook effect zijn op grondkoeling en aangezien koeling meestal duurder is dan verwarming kan de besparing in deze tijd de kosten voor isolatie nog wat beter terugverdienen. Daarnaast kan wellicht door hergebruik op kosten bespaard worden. Ten slotte kan in vervolgonderzoek verder gezocht worden naar het economisch optimum van kosten voor isolatie en energiebesparing.

De gewassen in de proef vertoonden een sterke groei bij betere isolatie. Ook is er duidelijk een veel constantere temperatuur bij een dikkere afdeklaag. Het is goed mogelijk dat een betere isolatie van de bodem wel productievoordelen oplevert die in dit onderzoek niet konden worden vastgesteld, omdat de grondverwarming niet per individueel bed kon worden geregeld en de geïsoleerde bedden dus op een te hoge temperatuur uitkwamen. Ook in de zomerperiode kan het effect op de productie voordeliger zijn, dan in de nu geteste winterperiode.



## 3 Buitenluchttoevoer voor ontvochtiging

### 3.1 Inleiding

Nadat het eerste plan voor de proef niet haalbaar bleek is het bedrijf Tesselaar Freesia aan de Altonweg in Heerhugowaard bereid gevonden om verschillende mogelijkheden van ontvochtiging door middel van buitenluchttoevoer te testen.

De kweker had goede ervaringen met een gesloten 99% lichtafschermingsdoek waaronder Nivolatoren draaien zodat er maar weinig minimum buis wordt ingezet. Toch liep het vochtgehalte soms hoog op, met name als tijdens koude nachten de luchtramen volledig dicht liepen. Op die momenten werd meerwaarde van toevoer van droge buitenlucht verwacht. Op het bedrijf is daarom een praktijkproef ingericht waarmee verschillende systemen voor ontvochtiging konden worden getest tussen januari 2012 en maart 2013.

### 3.2 Materiaal en methoden

#### 3.2.1 Proeflocatie

Er was een volledige afdeling voor de proef beschikbaar met 2 kappen van 12.80 van 65 m lang en 3 kappen van 12.80 m van 80 m lang aan de noordzijde van de kas. Er was geen oprolbare tussenwand tussen deze afdeling en de afdeling aan de overzijde van het middenpad in dezelfde kas, maar wel met de ernaast gelegen afdeling. Het bovenscherm was een Revolux lichtafschermingsdoek. Er was gewasverwarming die per bed met een kraantje vooraan het pad was af te sluiten (eventueel te automatiseren). Er waren nivolatoren op de hele tuin aanwezig. De kweker had hierdoor al ervaring met het telen met gesloten doek en verminderen van minimum buisverwarming en durfde daarom ook dit onderzoek wel aan.

#### 3.2.2 Proefopzet

Het proefplan is aangepast aan de mogelijkheden op het bedrijf en bevindingen uit het parapluplan buitenluchttoevoer in Matricaria. De aanleg is ondergebracht bij Wilk van den Sande, Ateco en Formflex (ALS). Een plattegrond met de exacte locatie van de aangelegde systemen is weergegeven in Figuur 9. (en is pagina groot geprint in Bijlage I).

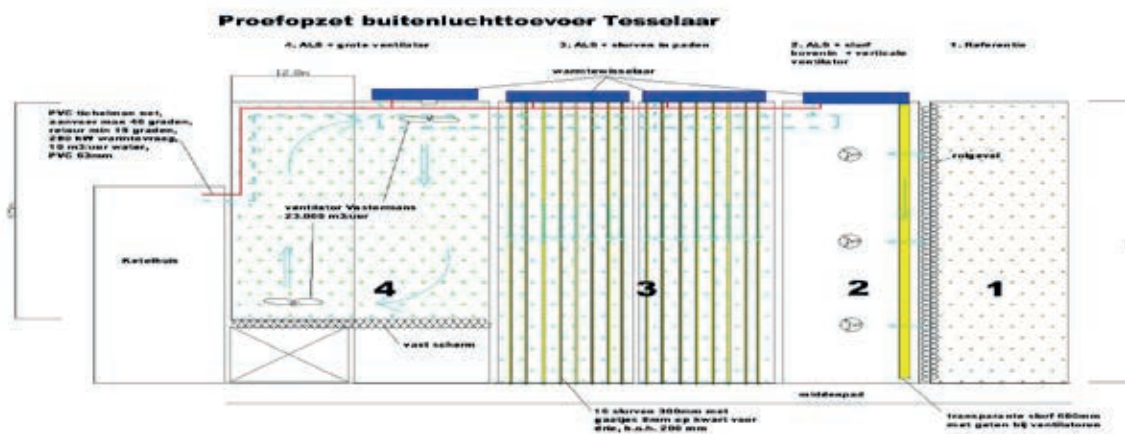


Figuur 8. Installatie van de luchtbehandelingskast (ALS) door Formflex.

Alle systemen zijn aangesloten op een buiten geplaatste kunststof warmtewisselaar (ALS) waarmee zowel koude als warmte kan worden gegenereerd zodat buitenlucht kan worden gekoeld, verwarmd of ontvochtigd. De ALS kan laag en dik gehouden worden om zo min mogelijk licht weg te nemen. Doordat de ALS in deze proef aan de noordzijde geplaatst is, waar ook de dekwasser zit, heeft de teler ervoor gekozen om de ALS hoog en smal te bouwen in plaats van laag en dik. De gevel grenst aan een sloot. Het luchtdebiet is  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$ , voor  $1860 \text{ m}^2$  is dat totaal  $11.000 \text{ m}^3/\text{uur}$ . De ALS heeft een vermogen van 60 kW voor koeling bij een wateraanvoer temperatuur van 6 graden met een plaatoppervlak van  $36 \text{ m}^2$ . Het verwarmingsvermogen is 70 kW bij een wateraanvoer temperatuur van 18 tot 22 graden met een plaatoppervlak van  $72 \text{ m}^2$ . De opening was luisdicht afgewerkt. Ook was de ALS tegen bevriezing beschermd. In de praktijk en daarom ook in dit verslag wordt een warmtewisselaar vaak “luchtbehandelingskast” of LBK genoemd in plaats van ALS.

De volgende drie systemen voor de verspreiding van buitenlucht zijn aangelegd:

1. Twee grote ventilatoren (“dairy fan”)
2. 30 cm slurven in het pad
3. 60 cm slurf boven het gewas en verspreiding via nivolatoren.



Figuur 9. Plattegrond aangelegde systemen bij Freesia Tesselaar in Heerugowaard. 1= referentieteeft (geen ontvochtiging), 2= slurf boven het gewas en luchtverdeling middels verticale ventilator, 3= slurven in paden, 4= luchtverdeling middels 2 grote ventilatoren. Bij 2,3 en 4 staat een warmtewisselaar in de gevel.

#### Ad.1. Twee grote ventilatoren (dairy fan)

Vanuit de LBK kwam hoog aan de gevel op één punt behandelde buitenlucht naar binnen. De droge lucht werd vervolgens door middel van een ventilator met grote schoepen gemengd met kaslucht en naar de tegenoverliggende gevel over het gewas heen geblazen met een debiet van  $12.000 \text{ m}^3/\text{uur}$ . Een tweede ventilator schuin aan de overkant bracht de lucht weer terug. Totaal was er dus  $24.000/1587 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$  luchtbeveging. De gedachte was dat met dit systeem het mogelijk zou zijn om luchtramen te imiteren onder een gesloten scherm door droge lucht over het gewas te laten scheren. Daarbij werd ook enige indringing verwacht.

#### Ad.2. 30 cm slurven in het pad

Er lagen 16 slurven van 30cm diameter met gaatjes van 8 mm gepaard in een “kwart-voor-drie” opstelling (elke 20 cm lengte een paar) in de paden. In elk pad lag een slurf. De slurven zijn niet opgehangen aan het gaas, maar lagen los in het pad en bleven daar ook tijdens de oogst liggen (Figuur 10.). De slurven moesten snel en eenvoudig uit te zetten zijn als er geoogst moest worden. De lucht die uit de slurven kwam, werd met Aircobreeze ventilatoren verticaal door de ruimte verdeeld.

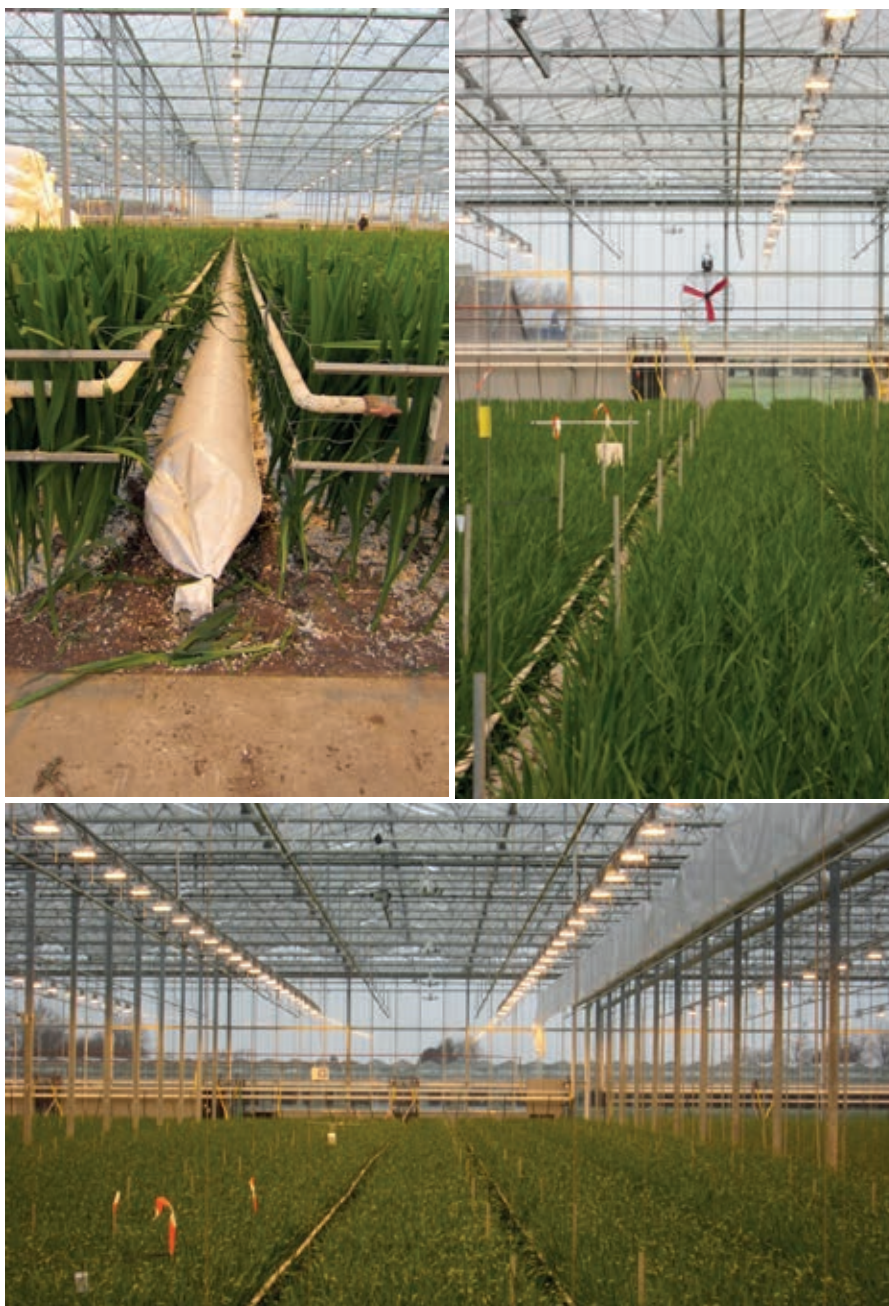
### Ad.3. 60 cm slurf boven het gewas

De LBK is aangesloten op een transparante slurf van 60 cm boven het gewas. De lucht werd uitgeblazen via 6 grote gaten van 12 cm, bij elke nivulator één, en vervolgens verdeeld met behulp van deze nivolators.

In augustus 2012 is bij één systeem (2 grote ventilatoren DairyFan) de helft van de warmtewisselaars op een koelmachine aangesloten (gehuurd). Daarmee kon de buitenlucht naar 9 graden worden afgekoeld, voldoende laag om een deel van het vocht uit die lucht te laten condenseren op de platen. De kweker had niet voldoende betrouwbare koelcapaciteit over om het op de koelmachine van het bedrijf aan te sluiten. Er is gedurende zes weken met door koeling actief gedroogde lucht geëxperimenteerd. Daarbij is de lucht niet naverwarmd omdat de grote ventilatoren de koude lucht voldoende konden mengen en de kas in die periode liever ook wat koeler gehouden wordt.

Omdat bij de teler in alle afdelingen al nivolators hingen, zijn ze in alle afdelingen en in de referentie gebruikt, hoewel ze niet nodig waren voor het functioneren van alle buitenluchtaanzuigsystemen. Alleen in het systeem met de slurf boven het gewas waren ze nodig om de ingeblazen lucht goed door de ruimte te verdelen.

De drie testsystemen zijn vergeleken met de referentiesituatie (ontvochtigen met luchtramen). De referentieafdeling was gescheiden van de proefafdeling door middel van een rolgevel. De plantdatum was niet voor alle behandelingen gelijk, want hiervoor waren de proefvakken te groot. Wel was de plantdatum zoveel mogelijk opeenvolgend. Gedurende de winter is de kastemperatuur rond 8 °C gehouden. In februari ging de temperatuur in de kas omhoog i.v.m. timing van de bloei voor specifieke feestdagen.



*Figuur 10. De drie aangelegde systemen slurven in pad (boven links), Dairy Fan (boven rechts), slurven boven (Foto onder). In alle drie afdelingen hingen ook Nivolatoren (verticale ventilatoren).*

### 3.2.3 Meetnet, techniek en waarnemingen

WUR glastuinbouw verzorgde het meetnet en heeft een Letsgrow koppeling gemaakt met de klimaatcomputer van Tesselaar. In elk vak (1 t/m 4) is boven het gewas de lichtintensiteit (PAR), RV en temperatuur gemeten met meetboxen en daarnaast met Wysensis draadloze sensoren op 2 hoogten in en boven het gewas de temperatuur en RV. Ook is gemeten welke luchtkwaliteit (temperatuur en RV) uit de slurven kwam. De warmtepomp en de ventilatoren zijn ook gemonitord. De metingen uit de klimaatcomputer en van de meetpalen waren via LetsGrow.com op afstand te volgen.



## 3.2.4 Regeling

De kweker had goede ervaringen met een gesloten 99% lichtafschermingdoek waaronder Aircobreeze ventilatoren draaiden en er maar weinig minimum buis werd ingezet. Toch liep het vochtgehalte soms hoog op, met name als tijdens koude nachten de luchtramen volledig dicht liggen. Op basis van die ervaring werd op die momenten de grootste meerwaarde van droge buitenlucht verwacht. Er is een relatief lage RV tussen het gewas nagestreefd, waarbij het systeem bij 86% RV aanschakelde. De traditionele vochtregeling trad bij 92% in werking.

De regeling van de installatie werd uitgevoerd via een stand alone regeling van Hotraco (Orion FF). De regeling was gebaseerd op het meten van absoluut vocht binnen en buiten en een controle op vochtdeficit in het gewas. De regelstrategie is vooraf afgesproken en tussentijds steeds geëvalueerd met de kweker en de BCO en indien nodig aangepast.

## 3.2.5 Gewas

Door Hans Pronk zijn gedurende de proef tweewekelijks gewaswaarnemingen gedaan. Twee volledige Freesia teelten zijn gevolgd (maart tot augustus 2012, en september-2012 tot maart 2013) zodat een goed beeld is ontstaan van de reacties van het gewas en het klimaat onder alle weersomstandigheden.

## 3.2.6 Leerproces en communicatie

De proefopzet is in overleg met de teler, onderzoekers en de installateurs tot stand gekomen. Een Begeleidings Commissie Onderzoek (BCO) bestaande uit de telers Marcel Tesselaar, Marco Mol, Ben Akerboom en Peter Penning heeft de proef begeleid. Ook teeltadviseur Hans Pronk maakte deel van de BCO uit, en voerde gewaswaarnemingen uit.

De BCO vergaderde eens per 6 weken en vaker of minder vaak als dit nodig was. Tijdens deze vergaderingen werd teruggeblikt op de periode ervoor met behulp van grafieken die vooraf door de onderzoekers waren geselecteerd, en vooruit gekeken naar interessante acties en waarnemingen voor de komende periode. Van deze discussies met de BCO zijn verslagen gemaakt. Deze verslagen zijn integraal in chronologische volgorde weergegeven als Bijlage II.

# 3.3 Resultaten

## 3.3.1 Ervaringen met inregelen van het systeem

Het systeem is op 4 januari 2012 operationeel gemaakt. De eerste ervaringen zijn opgedaan met de drie systemen bij Tesselaar in het voorjaar van 2012.

Het instellen en inregelen van de buitenluchttoevoer in Freesia vergde veel metingen en aanpassingen aan het systeem. Hiervan wordt in Bijlage II uitgebreid verslag van gemaakt. Hieronder een korte samenvatting van gevonden problemen en de daarop uitgevoerde acties:

1. Lek in de PVC aansluitingen op de warmtewisselaars als gevolg van bevriezing van het systeem. (lekkende onderdelen vervangen). De bevriezing kwam door een verkeerde dimensionering van de mengklep die moest zorgen voor voldoende toevoer van warm water. Deze klep is vervangen door een grotere uitvoering.
2. Slecht afgeregelde watertoevoer naar de 4 LBK's waardoor de unit waar de regelvoeler voor de inblaastemperatuur zit niet goed meedraaide en niet op temperatuur kwam. Middels thermokoppels op de aanvoer en retour vlak bij de LBK is vastgesteld dat de doorstroming van de warmtewisselaars niet goed was. Met de hand zijn toen de regelafsluiters bij elke LBK verder opengedraaid, waarna de situatie sterk verbeterde. Het werken met regelafsluiters om de afname van elke LBK van het systeem gelijk te krijgen kan beter vervangen worden door een Tichelman aansluitsysteem.
3. De regeling van de aanvoer watertemperatuur schoot te fel omhoog en omlaag. Dat kwam door een te lange doorlooptijd van het water. Daarom is de smookkraan bij de mengklep in het ketelhuis anders ingesteld met als beoogd effect om de doorstroming te vergroten en minder verschil te krijgen tussen aanvoer en retour.

4. Bij koud weer (vorst) buiten moesten de warmtewisselaars in de gevel worden gevoed met een minimum aanvoertemperatuur van 20 °C. Het duurde minimaal 30 minuten voor de inblaastemperatuur van de installatie op het gewenste niveau was. Daarom is tijdens de vorstperiode in januari 2012 het systeem uit veiligheidsoverweging (i.v.m. gewasschade) stil gelegd. In een later stadium is de mengklep vervangen door een groter exemplaar (zie punt 1) en was de reactietijd ingekort tot 5 minuten. De regeling is ook zodanig aangepast dat de installatie pas begon te blazen als de waterretourtemperatuur een instelbare waarde had bereikt.
5. Een vaste afwijking van 5% tussen de RV meting van de klimaatcomputer van de kweker en de RV meting van de installatie. De sensoren zijn geijkt, en de meetbox is vervangen door een geventileerde meetbox. In de tussentijd is er gewerkt met een 5% lagere instelling.
6. Klachten van omwonenden over geluidsoverlast hebben ervoor gezorgd dat de maximale ventilatorcapaciteit beperkt werd tot 70%.
7. Een softwarefout in de ventilator beveiliging bracht de ventilatoren van de luchtbehandelingskasten vaak in storing waarna ze niet meer opstartten.
8. Tijdens de oogstperiode heeft het systeem overdag stil gestaan omdat men liever niet over de slurven in het pad wilde lopen.
9. Draadloze Sensoren putten de batterijen te snel uit. De sample tijd is aangepast.

## 3.3.2 Effecten op kasklimaat en microklimaat

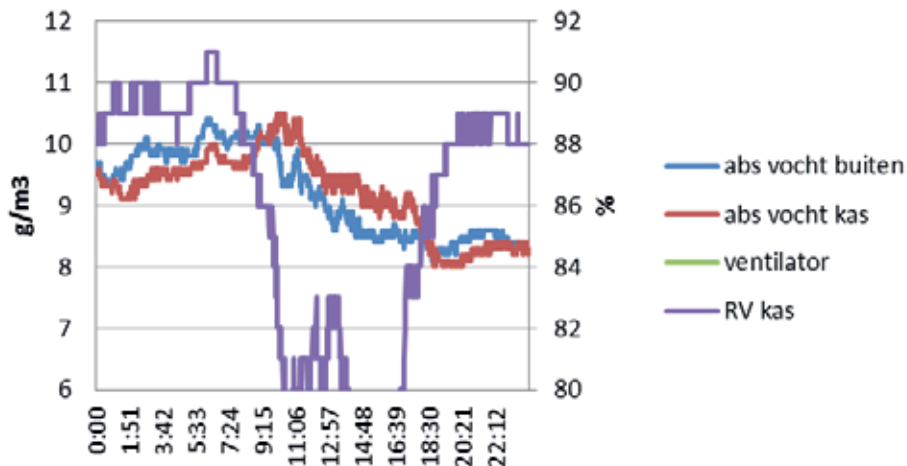
### 3.3.2.1 Het najaar

Het najaar kent altijd moeilijke perioden voor ontvochtiging met buitenluchttoevoer doordat:

- Het absolute vochtgehalte buiten hoger is dan binnen, waardoor toevoer van buitenlucht zonder opwarmen niet tot een verlaging van het vochtgehalte in de kas kan leiden,
- Door de lage teelttemperatuur (op veel dagen gelijk aan de buitentemperatuur) is er weinig ruimte om de binnenkomende buitenlucht te verwarmen en daarmee de kaslucht te kunnen drogen.

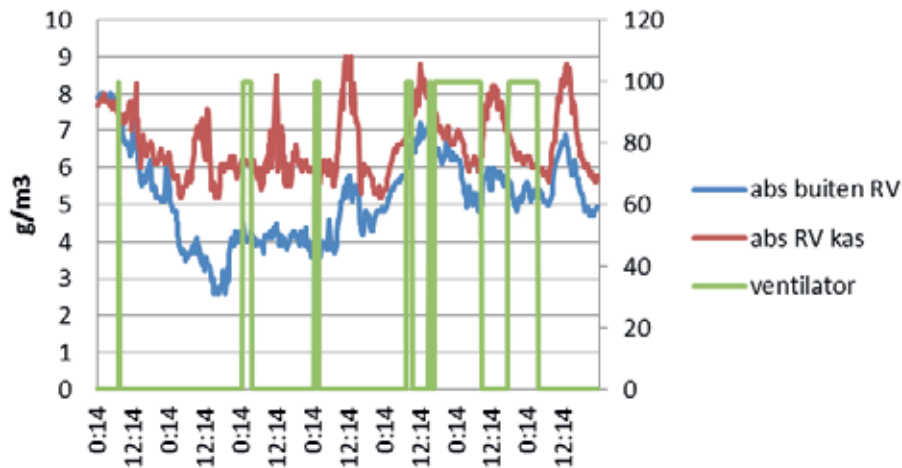
Hoe vaak de buitenluchttoevoer kan draaien hangt dus sterk af van het verschil tussen het absolute vochtgehalte buiten en binnen. Twee voorbeelden worden weergegeven: de situatie op 20 oktober (Figuur 11.), en de situatie een week later, in de week van 25 tot 30 oktober (Figuur 12.). In het eerste voorbeeld draait de ventilator niet ondanks dat de ingestelde kas RV van 86% regelmatig werd overschreden, omdat het absolute vochtgehalte hoger was buiten dan binnen. In het tweede voorbeeld is het buiten al veel droger en kan de ventilator draaien, wat leidt tot een goede beheersing van het vochtgehalte in de kas (Figuur 13.).

## absoluut vocht en ventilator



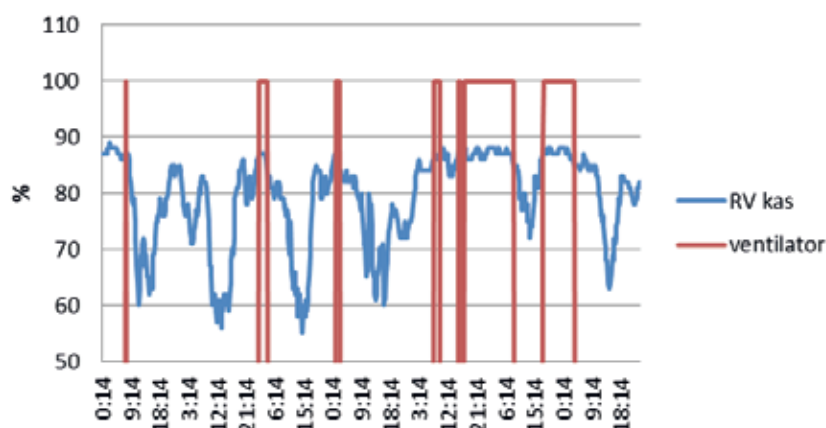
Figuur 11. Verloop van RV en absolute Vochtgehalte op 20 oktober in de afdeling met grote ventilatoren. De ingestelde RV van 86% is regelmatig overschreden maar de ventilator is niet gaan draaien omdat het buiten vochtiger was dan binnen.

## absoluut vocht en ventilator



Figuur 12. Verloop absolute Vochtgehalte in de periodo 25 - 30 oktober in de afdeling met grote ventilator. De groene lijn laat zien hoe vaak de ventilator op 100% van zijn capaciteit gedraaid heeft.

### kas RV en ventilator 25-31 oktober



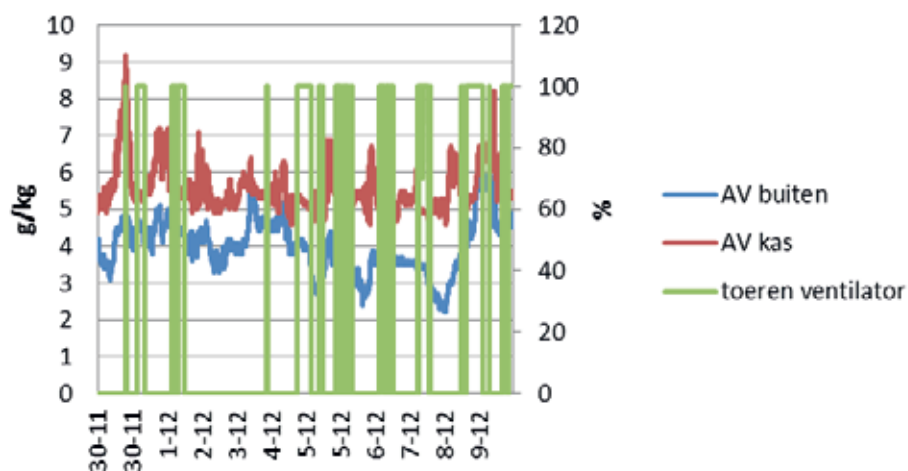
Figuur 13. RV in de kas in de week van 25-30 okt. Als de kas RV boven 86% uitkomt, gaat de ventilator droge buitenlucht binnenblazen en zakt de kas RV in de kas.

Als de systemen kunnen draaien, heeft de toegevoerde buitenlucht een duidelijk grotere invloed op het verloop van de RV boven en onderin het gewas dan luchtramen of verwarmingsbuizen. Omdat de ramen op een hogere RV setpoint ingesteld stonden dan de buitenluchttoevoer kwamen deze altijd pas later in actie.

#### 3.3.2.2 De winter

In november en december konden de luchtbehandelingskasten vaak draaien (Figuur 14.) omdat het absoluut vochtgehalte buiten altijd lager was dan binnen.

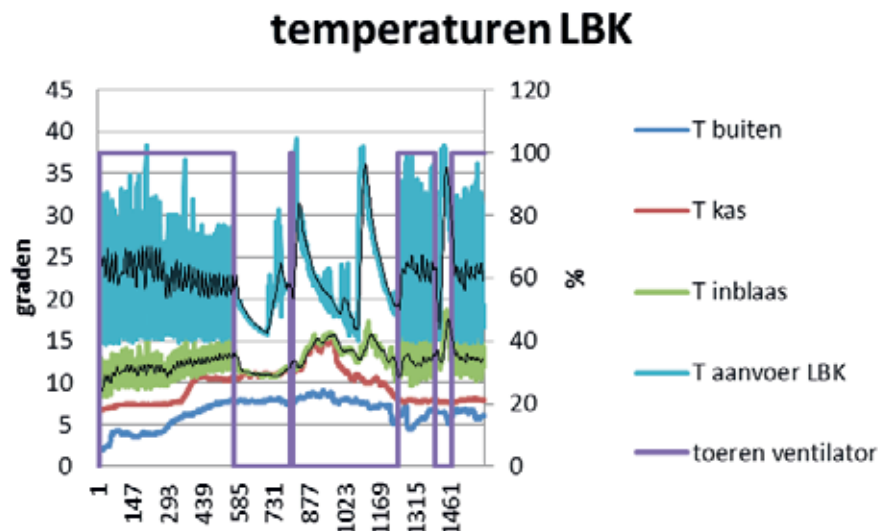
### Functioneren installatie



Figuur 14. Verloop absolute vocht buiten en binnen in de eerste twee weken van december, en het functioneren van de installatie (de groene lijn toont wanneer de ventilatoren draaien).

In die periode was de temperatuur buiten lager dan binnen en werd de buitenlucht opgewarmd. Een aanvoertemperatuur van het water in de warmtewisselaars van gemiddeld 24 °C bleek voldoende om de buitenlucht op te warmen naar kastemperatuur. Vanwege de vorst moesten de warmtewisselaars in de gevel met een minimum aanvoertemperatuur van 20 graden worden gevoed, waardoor de buitenlucht er vaak te warm uitkwam. Gemiddeld werd er wel 5 °C te warm ingeblazen (Figuur 15.). Bij de slurf boven het gewas was die te warme lucht op gewasniveau niet meer terug te vinden.

De Basketfan blies de warme lucht naar het midden van de kas en bij de slurf in het pad was de lucht tussen de planten bij de gevel het warmst en verderop kouder. Gezien de kleine hoeveelheid warmte die daarmee teveel de kas werd ingebracht en het gevaar op bevriezing als de installatie te krap werd afgesteld werd er niets veranderd aan de regeling.

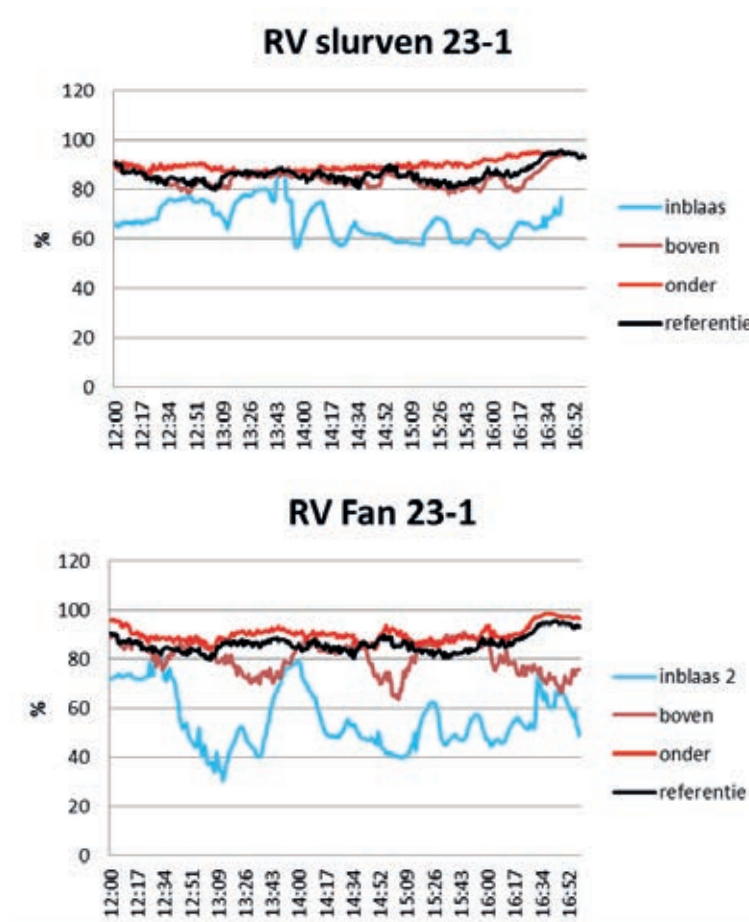


Figuur 15. Verloop temperatuur buiten en binnen in de eerste twee weken van december, de aanvoertemperaturen van de buitenluchtinblaassystemen, en het draaien van de installatie (de paarse lijn toont wanneer de ventilatoren draaien).

De RV in de kas kon dankzij de luchtbehandelingskasten goed worden beheerst; in vergelijking met de referentiekas is het vochtdeficit in de meetbox in de nacht altijd hoger geweest als gevolg van het inblazen van buitenlucht. Met name het absoluut vochtgehalte nam af tijdens het inblazen van buitenlucht.

Het effect op het verlagen van de Relatieve luchtvochtigheid (de RV) is te zien in Figuur 16. Deze is in de winter niet zo sterk gebleken, mogelijk omdat de RV in de referentieteeelt ook niet extreem hoog was.

Door lucht in te blazen met een RV van 60-70% via de slurven of met de grote ventilator bleek dat de RV ten opzichte van de referentie zelfs iets toe te nemen in de onderste draadloze sensor, die het microklimaat mat. Waarschijnlijk was dit te wijten aan het feit dat de planten iets meer zijn gaan verdampen door de luchtstroom. De grote ventilator realiseerde in de meetbox boven wel een verlaging van de RV.



Figuur 16. Effect op de RV op twee verschillende hoogtes van het inblazen met buitenlucht ten opzichte van de referentieteelt, grafiek boven via slurven onderin; grafiek onder met de Dairy Fan (lucht blazen van boven) “Boven” en “onder” in de grafiek staan voor de positie van de meetboxen de meetbox boven volgt het kasklimaat; de meetbox onder volgt het klimaat tussen het gewas of microklimaat.

De inzetbaarheid van de buitenlucht toevoer is bij de freesiateelt in de winter zeer beperkt omdat het verschil in absoluut vocht tussen kas en buitenlucht erg klein is. Eigenlijk moet een veel groter luchtdebiet worden toegepast om voldoende vocht af te voeren maar dan moet er zoveel warmte aan die buitenlucht worden toegevoerd dat het veel meer energie zou kosten dan een gangbare regeling.

### 3.3.2.3 Het voorjaar

Het eerste voorjaar was, afgezien van enkele problemen met het inregelen van de installatie, een goede periode voor het ontvochtigen door toevoeren van buitenlucht. De invloed van de systemen was zichtbaar op de sensoren in vergelijking met de referentie. De RV kon effectief beïnvloed worden met alle drie de systemen. Er waren echter niet veel momenten waarop dit nodig was. De uitblaastemperatuur werd goed geregeld en de verschillen tussen de systemen waren verwaarloosbaar. In het tweede jaar zijn de systemen niet meer gebruikt na 10 februari. Het gewas was toen geoogst. Na het planten van de nieuwe knollen kon er pas weer gedraaid worden als het hijsgas weer omhoog ging. Het hijsgas lag namelijk soms op de slurven in het pad en er werd alleen gedraaid als alle systemen gebruikt konden worden. De kweker vond het voor Freesia ook niet wenselijk om al vlak na het planten de luchtvochtigheid laag te houden. Daarna was het dermate laat in het voorjaar dat het gebruik ook niet meer nodig was.



#### **3.3.2.4 Zomer en actieve ontvochtiging door koelen**

Ook de zomer is een moeilijke periode voor buitenluchttoevoer omdat de buitentemperatuur veelal hoger ligt dan binnen gewenst. De omstandigheden voor ontvochtigen zijn in de zomermaanden daarom ook ongunstig (doordat het binnen koeler is, is de RV vaak lager dan buiten, maar toevoeren van drogere buitenlucht kan niet omdat deze te warm is). Tot augustus, leek de slurf met grote diameter boven het gewas in combinatie met verticale ventilatoren de sterkste verhoging van het VD te kunnen geven, maar lang niet genoeg.

Daarom is bij wijze van extra proef vanaf eind augustus 2012 één van de drie systemen (die met de grote ventilatoren) op een koelmachine aangesloten. Het actieve koelen onttrekt vocht aan de buitenlucht door condensatie tegen het koelblok. De afgekoelde lucht (5 tot 7 graden kouder dan de kaslucht) heeft een RV van 100% nadat er condensatie plaats heeft gevonden in de warmtewisselaar. Deze lucht werd in de kas ingevoerd en daar snel opgepikt door de dairy fan (grote ventilator). Hierdoor werd de koude lucht met kaslucht gemengd en op temperatuur gebracht voordat het met het gewas in aanraking kon komen. Deze goede vermenging is bevestigd met behulp van rookproeven. Het systeem functioneerde goed voor wat betreft de gelijkmatigheid van de temperatuur in het proefvak, maar er waren in de kas wel lokale afwijkingen van deze gelijkmatigheid:

- De geworpen lucht “raakte” het gewas niet de eerste 6 meter vanaf de gevel, maar wierp de lucht eroverheen; er ontstond zo een soort ongewenste “dode hoek”, mogelijk door de grote ophanghoogte van de ventilator. Lager ophangen gaat niet omdat de planten dan te veel gaan bewegen.
- Halverwege de kap, “dook” de lucht juist tussen het gewas, waardoor daar lokaal de RV tussen de planten wat lager was.

Er is door actief ontvochtigen zichtbaar ontvochtiging bereikt, ongeveer 8 gram/m<sup>3</sup> uur, maar het effect was door de lage teelttemperatuur niet heel groot. Een verdere verlaging van de temperatuur was niet mogelijk, dus meer ontvochtiging was alleen mogelijk door meer buitenlucht in te brengen, wat om meer capaciteit van de koelmachine en de ventilatoren vraagt.

Duidelijk is geworden dat met terugkoelen, waarbij door condensatie de lucht gedroogd werd, in combinatie met verspreiding via de Dairy Fan, niet voldoende droge lucht, noch de gewenste verdeling bereikt is. In combinatie met de andere twee systemen voor buitenluchttoevoer is deze manier van actief ontvochtigen niet getest. Het lijkt aannemelijk dat het inblazen van koude lucht in combinatie met het systeem met de slurf in het pad niet toepasbaar is, in verband met het te veel afkoelen van het hart van de plant door de stroom koele lucht die passeert. Mogelijk zou het systeem met de slurf boven het gewas wel geschikt kunnen zijn voor toevoer van droge koude lucht, al worden bij dit systeem problemen met opwarming in de slurf en condensatie in de slurf verwacht. Zelfs als deze problemen zich niet voordoen bij een verdelingsmethode, dan nog zou de luchttoevoer capaciteit zover vergroot moeten worden dat dit economisch en energetisch de doelstellingen van dit onderzoek voorbij streeft.

### **3.3.3 Effecten op het gewas**

Effecten op het gewas zijn opgemerkt op twee kritische momenten; inde winter bij heel koud weer buiten en in de zomer als gevolg van het koelen. Deze periodes worden beiden apart toegelicht.

#### **3.3.3.1 In de winter bij koud weer (< 5 °C) en vorst**

Bij heel koud weer of vorst buiten, werd opgemerkt dat in de hele afdeling waar de systemen voor buitenluchttoevoer waren opgehangen wat meer Botrytis aantasting voorkwam dan in de referentieafdeling. Botrytis kan “pokken” en afsterving van plantendelen veroorzaken, waarbij soms grauwigrij schimmelpluis te zien is. (Bijlage III).

Van de epidemiologie van Botrytis (Ijdo *et al.* 2011, zie ook Bijlage IV) is het bekend dat Botrytis sporen die met de lucht mee worden verspreid, al kunnen kiemen als de luchtvochtigheid rondom de bloemen >93% word. Als de bloemen kouder worden dan hun omgeving, kan er condensatie op het gewas ontstaan en dus een 100% vocht situatie voor langere tijd waardoor Botrytis sporen kunnen kiemen.

Deze waarneming gaf aanleiding tot het beter bekijken van de effecten van buitenlucht toevoeren op de planttemperatuur. Bij koud weer bleek de temperatuur tussen het gewas (microklimaat) in de proefafdelingen lager dan in de referentiekas. De buisverwarming rondom het bed werd in de proefafdelingen veel minder gebruikt dan in de referentie, omdat buisverwarming voor vochtregeling pas ingezet werd als de vochtregeling door buitenluchttoevoer niet voldoende was. Dit is een verklaring voor de koudere gewastemperatuur.

Middels enkele extra temperatuurmetingen (Tabel 4.) en een rookproef ontstond de indruk dat Nivolatoren de koude lucht van onder het scherm het gewas in stuwden. Daardoor zakte niet alleen de temperatuur, maar steeg ook de RV. Daarnaast kon het koude scherm ervoor zorgen dat de planten door uitstraling naar dat scherm kouder werden dan de omringende kaslucht, dus ook kouder dan de meetbox net boven het gewas aangaf. Door condensatie op de planten kon zo Botrytis ontstaan.

*Tabel 4. Temperatuur buiten en op verschillende plekken in de kas op 12 december 1800 uur.*

Systeem, plek in kas of gewas	temperatuur
Buiten	3.2 °C
Lucht tussen het gewas referentie	9 °C
Lucht tussen het gewas basketfan	6.8 °C
Lucht tussen het gewas slurf boven	7 °C
Lucht tussen het gewas slurf in pad	6 °C
Topbladeren gewas proefafdelingen	6 °C
Bladeren onderin het gewas proefafdelingen	5 °C
Schermdoek	2 °C

Besloten is toen bij wijze van experiment de nivolatoren in alle afdelingen uit te zetten om 21:00. Als gevolg hiervan gingen zowel de planttemperatuur als de buistemperatuur omhoog. Hieruit leidden we af dat het uitzetten van de Nivulator drie dingen had veroorzaakt:

- De koude lucht onder het scherm werd niet meer het gewas in geblazen
- De buistemperatuur ging omhoog omdat de buizen door minder luchtbeweging hun warmte moeilijker kwijt konden
- Door de stijgende buistemperatuur werd ook meer stralingswarmte afgegeven richting plant waardoor de planttemperatuur is gestegen.

Het omhoog gaan van de buistemperatuur betekent overigens niet direct dat er ook meer energie wordt verbruikt. De meetbox werd immers niet warmer en de warme lucht werd ook niet meer direct langs het koude schermdoek geblazen en dus minder snel afgekoeld.

Geconcludeerd is dat het om Botrytis aantastingen te voorkomen raadzaam is om de Nivolatoren uit te zetten beneden een bepaalde doektemperatuur. Omdat de doektemperatuur niet gemeten wordt, is gedacht aan het instellen van een veilige grens van de buitentemperatuur om de nivolator uit te zetten. Een exacte waarde is daarvoor moeilijk te geven omdat feitelijk ook rekening gehouden moet worden met de uitstraling naar een onbewolkte hemel, maar een buitentemperatuur van 5 graden lijkt een redelijke grens bij een gewenste kastemperatuur van 8 graden. In een kas met toevoer van droge buitenlucht is dit belangrijker omdat er minder gebruik gemaakt wordt van buisverwarming bij de vochtbeheersing.

Een energiescherm met een betere isolatie zou een koud scherm voorkomen en zo bijdragen aan de beheersing van Botrytis. In die situatie kan het voordeel van droge buitenlucht toevoer beter tot zijn recht komen. De investering in een beter isolerend of tweede scherm bij buitenluchttoevoer is waarschijnlijk niet rendabel gezien de lage stooktemperatuur en de kleine hoeveelheid gas die gepaard gaat met het oplossen van lage gewastemperatuur op enkele kritische momenten. Echter, als daarmee ook Botrytis beter beheerst kan worden kan deze investering misschien wel de moeite waard zijn.

### **3.3.3.2 Effect van actief ontvochtigen met gekoelde buitenlucht op het gewas**

Visueel is door Hans Pronk, die in het onderzoek de invloed op het gewas heeft bijgehouden, opgemerkt dat in het vak waarbij in augustus 2012 koeling werd toegepast meer Botrytis voorkwam dan in referentieafdeling.

Dit was aanleiding om in de lengte richting van de kap (van de gevel direct onder de ventilator, tot het einde van de kap), op verschillende lengteveldjes de ontwikkeling van Botrytis in het koelvak te volgen. Er is een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd.

Geconstateerd is dat in het gewas in het eerste veldje, dicht bij de gevel en de ventilator meer afsterving door Botrytis en Fusarium voorkwam dan in de rest van de kap. Metingen aan het klimaat lieten zien dat de droge lucht juist hier het gewas “oversloeg”, terwijl er wel afkoeling plaatsvond en de RV dus steeg.

Er was bij de andere veldjes geen toename van Botrytis en Fusarium op de stengel en pokken op de bloem, op het veld noch in de uitbloefase.

## **3.4 Discussie buitenluchttoevoer in Freesia**

De enige periode waarin buitenlucht toevoer bij Freesia effectief toegepast kan worden is de winter, maar zelfs dan zijn de momenten dat buitenluchttoevoer toegepast kan worden klein door de lage teelttemperatuur van Freesia. Dat kan veranderen wanneer het debiet aan toegevoerde buitenlucht sterk kan toenemen (tot 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.uur), maar dan zullen de kosten voor de installatie sterk stijgen omdat de benodigde warmtewisselaars fors groter moeten zijn. Alleen een systeem zonder LBK en met goede menging van buitenlucht en kaslucht buiten het bereik van de planten kan dan economisch voldoende perspectief bieden. Zo'n systeem is inmiddels ontwikkeld en zou voor Freesia goed inpasbaar kunnen zijn.

Extra complicerende factor is de uitstraling naar een koud bovenscherm waardoor de gewastemperatuur sterk kan dalen. Het lijkt erop dat een lage planttemperatuur en condensatie op het gewas een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van Botrytis. Bij traditionele teelt is er vaak een warme buis voor vochtbeheersing, deze warmt dan ook het gewas op. Als deze ontbreekt, doordat de RV voldoende laag is bij buitenlucht toevoer, dan kan de gewastemperatuur te laag worden. Nivolatoren kunnen koude lucht van bij het scherm nog eens extra naar beneden voeren. Aanbevolen wordt dan ook bij een buitentemperatuur onder 5 °C nivolatoren uit te zetten en de buistemperatuur te verhogen. Logisch redenerend kan een beter isolerend scherm het gebruik van de buisverwarming dus verder terugdringen. Het is de vraag of deze investering rendabel is, gezien het lage energieverbruik voor deze maatregel. Echter, als ook Botrytis beter beheerst kan worden, dan kan deze investering misschien wel de moeite waard zijn.

Alle drie de geteste systemen voor verspreiding van buitenlucht kennen nadelen. De Dairy fan geeft geen volledig goede verdeling van droge lucht door het gewas. Daarin kan alleen verbetering komen wanneer onderweg in de baan van de luchtstroom nieuwe droge buitenlucht wordt aangevoerd.

De slurven in het pad kunnen niet gebruikt worden bij de start van de teelt en overdag tijdens de oogstperiode. Overigens komt het overdag niet vaak voor dat het VD te laag wordt, dus dit laatste is in de praktijk geen groot bezwaar.

De slurf bovenin de kas geeft de beste verdeling van droge lucht en temperatuur, maar is afhankelijk van Nivolatoren die niet gebruikt kunnen worden bij een te koud scherm. Bij die lage buitentemperaturen is een buistemperatuur nodig om de gewastemperatuur op niveau te houden, wat buitenluchtoevoer minder rendabel maakt. Het systeem met de slurf bovenin het gewas is daarmee het best toepasbaar in Freesia.

Met actief ontvochtigen door terugkoelen in combinatie met verspreiding via de Dairy Fan kon niet voldoende droge lucht, noch de gewenste verdeling bereikt worden. Alleen nog dieper koelen kan de lucht nog droger maken, maar is technisch een grote opgave en duur. Als alternatief lijkt het wel zeer interessant om naar het ontvochtigen met een zout te kijken omdat deze methode bij elke buitenlucht conditie werkt en dus jaarrond gebruikt kan worden. Als er een warmtepomp op het bedrijf aanwezig is om de grond te koelen kan de opgewekte warmte nuttig worden ingezet om het zout weer te drogen. Het lijkt aannemelijk dat het inblazen van koude lucht in combinatie met het systeem met de slurf in het pad niet toepasbaar is, in verband met ongewenste koude lucht bij de plant en de daarmee samengaan kans op condensatie. Mogelijk zou het systeem met de grote slurf boven het gewas wel geschikt zijn geweest voor toevoer van droge koude lucht, al worden bij dit systeem problemen met opwarming in de slurf en condensatie in de slurf verwacht. Zelfs als deze problemen zich niet voordoen, dan nog zou de luchttoevoer capaciteit zover vergroot moeten worden dat dit economisch en energetisch de doelstellingen van dit onderzoek voorbij schiet.

Er is in het onderzoek in het proefvak geen duidelijke afname van problemen met Botrytis gezien ten opzichte van de referentie. Een toename is bij normaal functioneren van het systeem ook niet gezien, maar een uitzondering vormde wel twee specifieke momenten. De dode hoek net na de ventilator tijdens het actief ontvochtigen in augustus/september en de periode waarin uitstraling naar het scherm te groot was en de buistemperatuur gemist werd om het gewas op te warmen. Op deze momenten is in het proefvak iets meer Botrytis gezien dan in de referentie.

### **3.5 Slotconclusie buitenlucht toevoer in Freesia**

De inzetbaarheid van de buitenlucht toevoer is bij de Freesiateelt zeer beperkt omdat het verschil in absoluut vocht tussen kas en buitenlucht vaak erg klein is. Eigenlijk moet een veel groter luchtdebiet worden toegepast om voldoende vocht af te voeren. In dit onderzoek is verder als aandachtspunt naar voren gekomen dat bij het gebruiken van nivolatoren bij een lage buistemperatuur en schermtemperatuur het gewas te koud kan worden als er niet voor vochtregeling gestookt wordt. Daarom zijn in dit onderzoek bij een buistemperatuur lager dan 5 °C de nivolatoren uitgezet. Deze maatregel kost relatief weinig energie en heeft een positief effect gehad op het voorkomen van Botrytis. Alleen een beter isolerend scherm kan meer energiebesparing mogelijk maken. De verspreiding van droge buitenlucht met een slurf boven het gewas lijkt dan technisch gezien voor Freesia de best implementeerbare optie die de beste verdeling geeft van droge lucht en temperatuur.

Met actief ontvochtigen door terugkoelen in combinatie met verspreiding via de Dairy Fan kon niet voldoende droge lucht, noch de gewenste verdeling bereikt worden. Zelfs als problemen met verdeling en capaciteit zich niet voordoen, dan nog zou de luchttoevoer capaciteit zover vergroot moeten worden dat dit economisch en energetisch de doelstellingen van dit onderzoek voorbij streeft.

## 4 Invloed diffuse coating op lichtdoorlatendheid en planttemperatuur bij Freesia

Om het daglicht beter te benutten, dat wil zeggen, op warme dagen minder te schermen, wordt bij verschillende teelten al gebruik gemaakt van diffuus coaten. Bij Freesia, een relatief koude teelt, zou dit extra belangrijk kunnen zijn. In Freesia wordt in de zomer vaak gekrijt om de temperatuur te beheersen en teveel directe straling op het gewas te voorkomen. Omdat het vervangen van het kasdek nogal ingrijpend is, kiezen veel telers ervoor om, als tussenstap, het kasdek met een diffuse coating (Redufuse) te krijten. Dit neemt minder licht weg dan krijt, maar meer dan diffuus glas. Ook Tesselaar had een afdeling met dit product behandeld. De BCO vond het heel interessant om te meten wat het effect van deze behandeling was op het kasklimaat en vooral de planttemperatuur, waarvan in de winter gezien was dat het lager was dan de omgevingstemperatuur door uitstraling naar het kasdek.

Op verzoek van de BCO is daarom licht en temperatuur gemeten in een afdeling met jonge aanplant met diffuus krijt op het dek (Redufuse) en in een afdeling met een volgroeid gewas zonder krijt.

### 4.1 Meetmethode en apparatuur

Er is gemeten in twee verschillende afdelingen. De eerste met Redufuse op het dek en daaronder een jonge aanplant. De tweede afdeling zonder Redufuse en een volgroeid gewas. In beide afdelingen was eenzelfde zonweringsscherm. In beide afdelingen is op 7 mei 2013 tussen 14.30 en 16.00 uur gemeten bij verschillende standen van het schermdoek (20, 50, 75 en 100% open) bij een onbewolkte hemel.

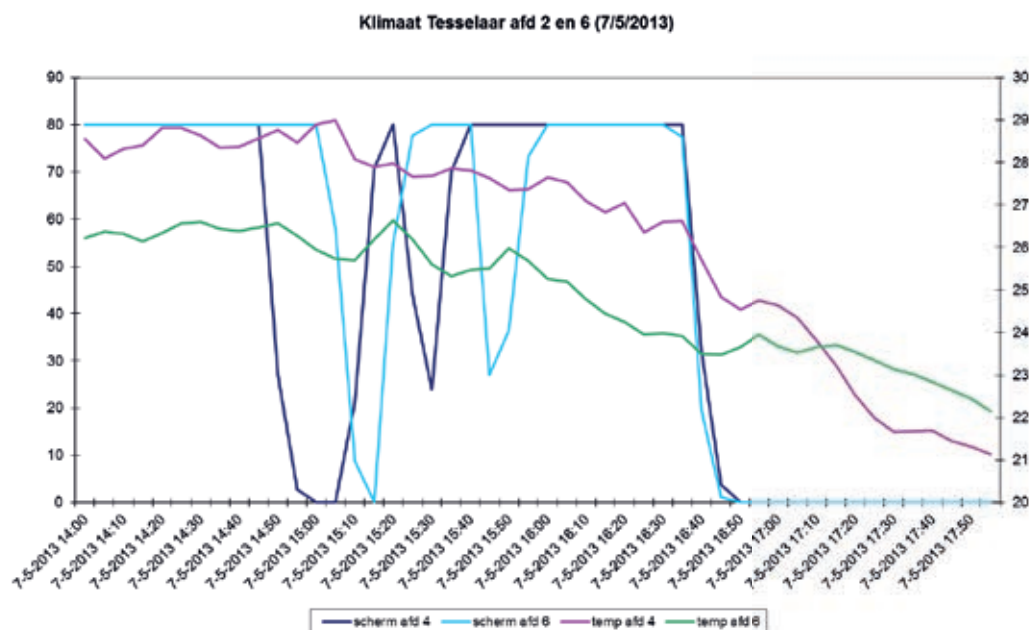
Op 13 juni zijn de metingen herhaald tussen 15:50 en 16:20 met een bewolkte hemel (de eigenschappen van het diffuus krijt variëren met de omstandigheden), voor de schermstanden 20% en 100% open. De eerste meetreeks had laten zien dat het meten van tussenstanden van het scherm niet zo zinvol was. Het resultaat hangt dan namelijk heel erg af van de plek waar gemeten wordt. Naast het scherm meet je gewoon vol licht en onder het scherm meet je “geschermd licht”. Bij de tweede meting zijn daarom alleen de twee uiterste schermstanden gebruikt.

Het lichtverschil tussen binnen en buiten de kas (=de transmissie) is gemeten met 2 Li-Cor meters met 1m lange integrerende meetstokken, die meten in het PAR bereik, één buiten de kas, en één binnen, net boven het gewas. Gedurende de eerste meting was er geen bewolking, dus direct licht. Naast een lichtmeting zijn opnamen gemaakt van de temperatuur van het gewas onder beide kasdekken met een thermische camera.

### 4.2 Resultaten

#### 4.2.1 Effect Redufuse op de kastemperatuur

Figuur 17. laat de kastemperatuur zien voor de verschillende doekstanden in beide afdelingen. Wat opvalt, is dat de kastemperatuur in de afdeling met Redufuse vrijwel constant 2 °C hoger ligt dan in de referentie afdeling. Waarschijnlijk is dat het gevolg van het feit dat in afdeling 6 (geen Redufuse, volgroeid gewas) veel meer water verdampt omdat het gewas daar een veel groter bladpakket heeft.



Figuur 17. Doekstanden en kasttemperaturen gedurende de metingen afd. 4 met Redufuse, afd. 6 zonder.

## 4.3 Effect Redufuse op de lichtdoorlating

De metingen zijn gedaan bij zowel direct licht (onbewolkt weer op 7 mei 2013) als bij diffuus licht (bewolkt weer op 13 juni 2013).

### 4.3.1 Bij direct licht

Uit de metingen van de lichtdoorlating in beide afdelingen (zie Tabel 5.) blijkt dat de afdeling met Redufuse op het dek 11% minder licht doorlaat bij geopend scherm dan de afdeling zonder Redufuse op een onbewolkte dag.

Tabel 5. Gemeten lichtniveaus (in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ) 1 m boven gewas in beide afdelingen per schermstand op een onbewolkte dag (7 mei 2013).

Afdeling	schermstand	PAR buiten	PAR binnen	Licht doorlating
redufuse	scherm 20% open	1385	410	30%
	scherm 50% open	1385	610	44%
	scherm 75% open	1385	755	55%
	scherm 100% open	1385	832	60%
geen redufuse	scherm 20% open	1265	310	25%
	scherm 50% open	1265	630	50%
	scherm 75% open	1265	690	55%
	scherm 100% open	1265	895	71%

## 4.3.2 Bij diffuus licht

Bij het herhalen van de metingen 5 weken later, op 13 juni (Tabel 6.), met alleen 2 schermstanden op een bewolkte dag, bleek dat de afdeling met Redufuse 7% minder licht doorlaat bij geopend scherm dan de afdeling zonder Redufuse.

Tabel 6. Gemeten lichtniveaus (in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ) 1 m boven gewas in beide afdelingen per schermstand op een bewolkte dag (13 juni 2013).

Afdeling	schermstand	PAR buiten	PAR binnen	Licht doorlating
redufuse	scherm 20% open	620	138	22%
	scherm 100% open	620	480	77%
geen redufuse	scherm 20% open	640	150	23%
	scherm 100% open	640	540	84%

## 4.3.3 Effect Redufuse op de gewastemperatuur

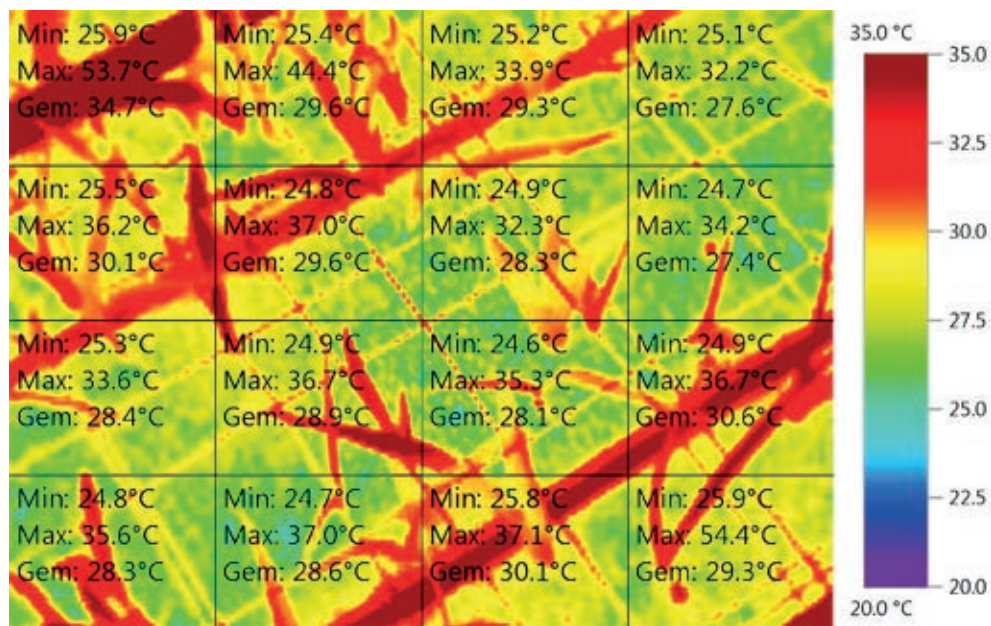
De beelden van de warmtecamera geven de temperatuur in en rond het gewas weer tijdens de verschillende schermstanden waaronder de metingen zijn verricht. In de beelden zijn er “storingen” veroorzaakt door warme buizen en door de zon verwarmde gietslangen. Daarom zijn de beelden opgedeeld in 16 vakjes. Per vakje is de minimum, maximum en gemiddelde temperatuur weergegeven. Om de beelden met elkaar vergelijkbaar te maken is de gekleurde temperatuurschaal overal gelijk gehouden, van 20 tot 35 °C. Er komen ook hogere temperaturen voor, maar dat zijn dan meestal de verwarmingsbuizen. Ook de temperatuur van de bodem, afgedekt met styromul, is onderdeel van het gemiddelde.

De thermische beelden hieronder tonen de thermische situatie tijdens de metingen voor de verschillende schermstanden. Onder het temperatuurbeeld, is het fotografische beeld geplaatst met de gewasstand op het moment van de meting.

### 4.3.3.1 Onder Redufuse coating, scherm geheel open

Duidelijk is te zien in Figuur 18. dat het gewas onder de Redufuse coating veel warmer is dan de ondergrond. Bladtemperaturen rond de 32 °C komen geregeld voor. Er is ook nog enige schaduw te zien, maar die zijn wel “diffuus”. De kasttemperatuur was bij deze meting ongeveer 29 °C. De bladtemperatuur was dus ca. 3 °C hoger dan de kasttemperatuur.

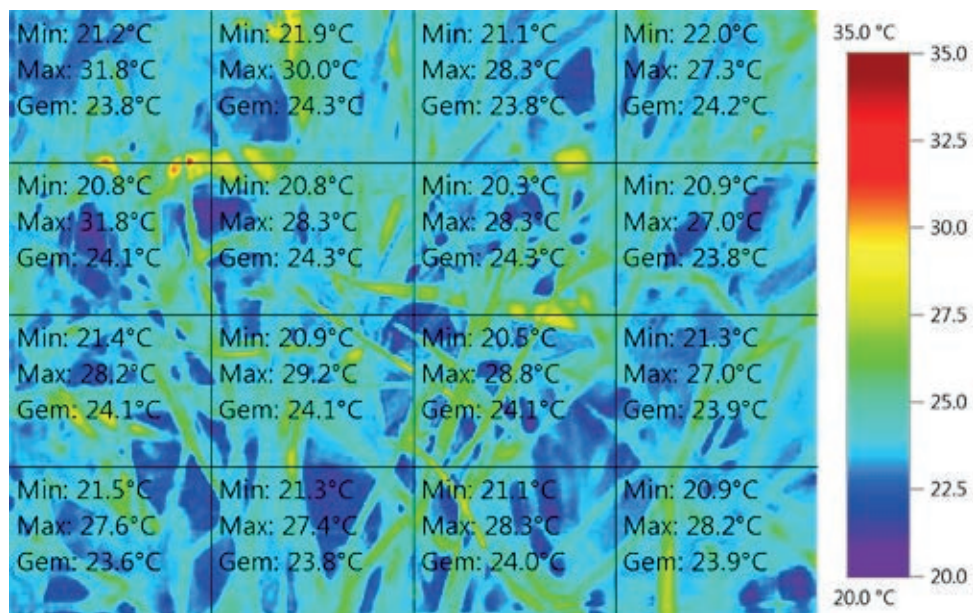




*Figuur 18. Thermische en fotografisch beeld van het gewas onder Redufuse coating bij open scherm.*

#### **4.3.3.2 Geen Redufuse, scherm open**

In Figuur 19. hieronder zijn duidelijk lichte en donkere plekken te zien, als gevolg van de schaduw delen van de kas. Opvallend is dat ondanks het open zijn van het scherm de planttemperaturen lager zijn dan in de afdeling met Redufuse. De kastemperatuur was bij deze meting ongeveer 26 °C. De bladtemperatuur was dus ook hier wel ca. 3 °C hoger dan de kastemperatuur.

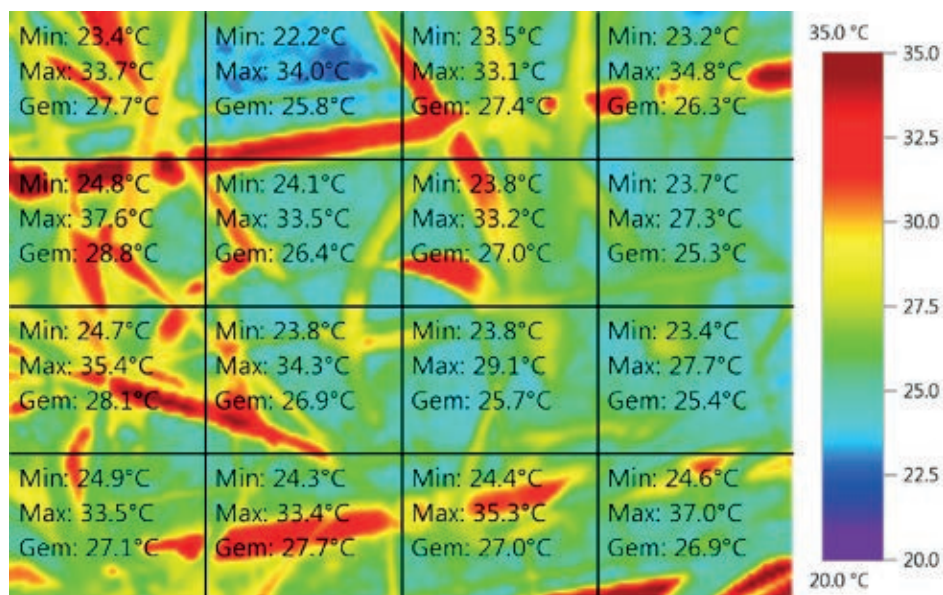


*Figuur 19. Thermische en fotografische beeld van het gewas onder normaal glas bij open scherm.*

#### **4.3.3.3 Onder Redufuse coating, scherm 50% gesloten**

Op de Foto (Figuur 20.) is duidelijk te zien dat het schermdoek maar een gedeelte van het gewas afschermt. Dat is in de warmtebeelden ook terug te vinden. In de linkerhelft van het plaatje is de situatie vergelijkbaar met de ongeschermd situatie, dus bladtemperaturen van ongeveer 32 °C. maar in de rechterhelft zijn de planttemperaturen ongeveer 5 °C lager. Wat verder opvalt, is dat de slagschaduwen scherper van vorm zijn. De kasttemperatuur was bij deze meting ongeveer 28 °C.





Figuur 20. Thermische en fotografische beeld van het gewas onder Redufuse coating bij 50% schermstand.

## 4.3.4 Conclusies

Redufuse verminderde de lichtdoorlating met 11% in de toepassing op dit bedrijf en bij direct licht. Bij diffuus licht (bewolkt weer) was de lichtdoorlating 7% lager bij gebruik van Redufuse in de toepassing op dit bedrijf.

Zonder zonnenscherm, en dus ook naast het zonnenscherm, lopen de planttemperaturen van het gewas op tot 3 °C boven de kasttemperatuur. Dat is waarschijnlijk een gevolg van gebrek aan verdamping. Advies kan zijn om meer te vernevelen zodat de huidmondjes weer open gaan of om minder licht toe te laten. Uit de metingen is duidelijk geworden dat het werken met een schermkier geen ideale situatie oplevert, omdat een deel van het gewas nog steeds in de volle zon staat. Vermoedelijk zijn de gewastemperaturen in de kas zonder Redufuse bij deze meting lager geweest, omdat de kasttemperatuur lager was doordat het gewas volgroeider was en meer verdampte. Dit onderwerp was geen aandachtspunt in het projectplan en dus was helaas, binnen de gegeven situatie op het bedrijf, de beschikbare tijd, een betere vergelijking dan dit niet mogelijk.

## 5 Beheersing luchtvochtigheid Anjer (verkenningen)

Het onderzoek voor anjer bestond uit drie soorten activiteiten:

- Theoretische verkenning energiebesparingsmogelijkheden m.b.v. modelsimulaties
- Rookproeven met luchtblaassysteem
- Discussiebijeenkomsten met anjertelers en Freesia- en alstroemeriatelers.

### 5.1 Modelsimulaties

In 2010 is binnen het project Het Nieuwe Telen Alstroemeria een verkenning van de mogelijkheden voor energiebesparing bij Anjer gedaan met behulp van het kasklimaat simulatiemodel KASPRO (De Zwart, 1996) (Bijlage V). De berekeningen lieten zien dat door gebruik te maken van Temperatuurintegratie, een dubbel scherm en door verhogen van de RV setpoint vanwege luchtcirculatie, er een energiebesparing mogelijk was van 4 m<sup>3</sup> aardgasequivalenten (a.e.) per m<sup>2</sup> per jaar (24% ten opzichte van de referentieteel als door telers omschreven).

De instellingen voor deze simulaties in KASPRO zijn met anjerkwekers nogmaals onder de loep genomen en aangepast. Er is gekeken naar de potentiële energiebesparing van temperatuur integratie en een 2<sup>de</sup> beweegbaar energiescherm, in plaats van één beweegbaar scherm en een vaste folie als scherm, zoals in de eerdere simulaties. Daarnaast is er gekeken wat de invloed is van jong gewas op het bedrijf, omdat bij jong gewas de temperatuur duidelijk hoger is. In jong gewas wordt dan wel weer gebruik gemaakt van een vast foliescherm, dat in overjarig gewas niet gebruikt wordt. De berekeningen zijn met deze veranderingen opnieuw uitgevoerd. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 7. De berekende energiebesparing met aangepaste instellingen en een aanpassing op jong en oud gewas valt met andere getallen min of meer hetzelfde uit als eerdere berekeningen in KASPRO. Een besparing in absoluut energieverbruik van meer dan 5 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>, zoals vooraf verwacht met deze aanpassingen, lijkt echter niet haalbaar. De meeste winst is te bereiken met een beweegbaar 2<sup>de</sup> energiescherm i.p.v. een folietent, omdat dit langer en dus vaker gebruikt kan worden en ook in de hele kas (ook op het oude gewas). Er was geen overeenstemming over of met buitenluchtoevoer ook een positief effect op de kwaliteit bereikt kan worden in een folietent of onder een 2<sup>de</sup> scherm en dit is dus niet meegenomen in de berekening.

Tabel 7. Energieverbruik bij simulatie in KASPRO van de referentieteel met door kwekers herziende instellingen.

	referentie teelt	2de beweegbaar energiescherm	Temp integratie	combinatie
jong gewas	26.2	23.8	24	22.5
oud gewas	18.9	13.9	15.9	11.4
bedrijf (40/60)	21.8	17.9	19.1	15.8

### 5.2 Rookproeven met luchtblaassysteem

Rookproeven zijn een handig hulpmiddel gebleken om te visualiseren hoe de lucht in de kas zich verplaatst nadat het verblazen wordt met verschillende luchtblaassystemen.

Op 7 februari 2012 is daarom bij anjerkweker Marcel Grootscholten een bijeenkomst gehouden waarbij middels rookproeven is gekeken en gediscussieerd over wat de ideale plaats zou zijn voor een slurf voor toevoer van droge buitenlucht, wat de ideale luchttuitblaasrichting zou zijn voor een anjergewas, wat het effect is van ventilatoren op verschillende standen op de beweging van lucht in de kas, en of in een folietent (jong gewas) lucht kan worden ingeblazen en of dit zinvol zou zijn.

### 5.2.1 Uitvoering en resultaten rookproeven anjer

De figuren hieronder tonen de verdeling van de rook kort nadat deze geblazen is met behulp van verschillende systemen.



*Figuur 21. Rook blazen tussen het gewas om de luchtbeweging tussen het gewas in een folietent te bekijken en discussie met anjerkwekers.*



*Figuur 22. Rook inblazen met sluf van 15 cm in de folietent (jong gewas).*





*Figuur 23. Rook blazen vlak bij de ventilator op een midden-stand.*

De proeven hebben de volgende observaties opgeleverd:

1. De kasventilator blies de lucht naar de achtergevel en de lucht blijft daar lang hangen. De ventilatoren aan de achtergevel pikte de lucht maar langzaam op om weer naar voren te blazen. In deze kassituatie was dit waarschijnlijk niet ongunstig voor de verdeling van de temperatuur omdat de aanvoerleidingen voor de verwarming over het pad liepen.
2. In de folietunnel liet de rook zien dat er gelijkmatige langzame omhooggaande luchtbeweging tussen het gewas was. Boven de warme buis (het vror buiten) steeg de rook duidelijk sneller op.
3. Een 15 cm slurf in de folietunnel verdeelde de rook goed bij jonge planten (2 rijen ver) maar blies tunnel enigszins op.
4. In oud gewas lag de 15 cm slurf, met een gaatje tussen twee rijen bakken, eerst op de grond langs het bed. Dit gaf een goede doordringing door het hele bed.
5. In oud gewas lag de slurf daarna in het midden van bed, tussen de planten. Dit was relatief eenvoudig te doen en verdeelt de lucht ook goed.

De proeven zijn gefilmd zodat de observaties ook daarna op juistheid gecontroleerd kunnen worden en voor presentaties beschikbaar zijn. Er is tijdens de rookproeven en erna met de telers uitvoerig gediscussieerd.

## 5.2.2 Conclusies rookproeven anjer

Geconcludeerd is dat het toevoeren van droge buitenlucht van onderuit door een anjergewas goed mogelijk is. Er lijkt een goede doordringing van droge lucht door het hele bed mogelijk gezien de ervaringen met de rookproef. De plaatsing van een slurf van voldoende diameter lijkt goed mogelijk, maar over de meest waarschijnlijke positie was discussie.

In een folietent was de invloed van de verwarmingsbuis op luchtbeweging goed zichtbaar, maar de buitentemperatuur ten tijde van de proef was -10 °C, dus de buis was ook erg warm. Ondanks de hoge buistemperatuur en lokaal sterke luchtbeweging was er tussen het gewas in het midden van het bed een zeer langzame luchtstroom.

## 5.2.3 Perspectief implementatie buitenluchttoevoer anjer

Op 5 april 2012 is er een workshop gehouden over toevoer van droge buitenlucht waarin Anjerkwekers met Freesia kwekers en een alstroemeriakweker discussie hebben gevoerd en presentaties door onderzoekers zijn gegeven over ervaringen en onderzoek op dit gebied.

De anjerkwekers zien de investering in een buitenluchttoevoer systeem als een struikelblok. De besparing op gas geeft onvoldoende investeringsruimte, dus moet er ook een voordeel op kwaliteit en/of productie zijn. Hierover is lang gepraat en blijven de meningen uiteen lopen. Een deel van de kwekers wil dit wel eens zien en realiseert zich dat de investeringsruimte ook van de gasprijs afhangt. Een ander deel ziet onvoldoende mogelijkheden voor verbetering van de kwaliteit en productie om hier verder naar te kijken.

Over slurven in het pad, zoals in de proef bij Tesselaar, zijn de anjerkwekers niet heel enthousiast vanwege het vele gewaswerk. De kwekers wachten met belangstelling de resultaten af van de proeven die nu lopen met verschillende gewassen en verschillende technieken, maar de anjerkwekers hebben op dit moment niet de ambitie om voor te lopen op dit gebied, gezien het relatief lage gasverbruik van de huidige teeltwijze en de vele twijfels over het te behalen voordeel op kwaliteit en productie.



## 6 Slotconclusies en aanbevelingen

### 6.1 Eindconclusies

Door bodemisolatie met een 20 mm dikke afdeklaag Styromul of Biofoam® is een energiebesparing van 2,1 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>/jr berekend door met name betere thermische isolatie, maar ook door gedeeltelijke beperking van de verdamping uit de bodem. De berekende besparing van de huidige praktijk is 0,7 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>/jr op verwarming. De effecten op koelen zijn niet berekend, maar daar zal de besparing nog iets groter zijn. Voor toevoeren van buitenlucht in Freesia lijkt technisch gezien een grote slurf boven het gewas in combinatie met nivolatoren het best te implementeren en de meest gelijkmatige verdeling van droge lucht en temperatuur te geven. Echter, door de lage teelttemperatuur is voor voldoende droge lucht vaak een dermate grote luchtcapaciteit noodzakelijk dat dit economisch en energetisch zijn doel voorbij schiet. Actief ontvochtigen in de zomer en najaar kan dit onvoldoende verbeteren. Bovendien is voor de beheersing van Botrytis in de winter de gewastemperatuur misschien wel belangrijker dan de luchtvochtigheid. Een beter isolerend scherm lijkt dan zinvoller en biedt ook weer mogelijkheden voor meer energiebesparing.

Models simulaties tonen aan dat in de anjerteelt het installeren van een beweegbaar tweede energiescherm de grootste energiebesparing kan opleveren, omdat dan in zowel oud als jong gewas de kas beter geïsoleerd kan worden. Of droge buitenlucht toevoer hierbij een extra kwaliteitsvoordeel kan geven blijft onderwerp van discussie.

### 6.2 Aanbevelingen

- Zoek naar een afdeklaag die maximale bodemisolatie geeft om te besparen op kosten en energieverbruik voor verwarmen en koelen van de bodem tegen minimale materiaalkosten. Het economisch optimum is waarschijnlijk een dikkere laag dan de huidige 5 mm, maar dunner dan de in deze proef gebruikte 20 mm.
- Ontwikkel een techniek/methode voor hergebruik van afdekmaterialen die kosten kan besparen.
- Voor maximale energiebesparing op het warmteverbruik door ontvochtigen is een beter isolerend energiescherm voor de meeste bedrijven waarschijnlijk de eerste stap. Hiermee kan ook in de winter Botrytis beter beheerst worden doordat uitstraling naar een koud scherm afneemt en zo condensatie op het gewas voorkomen kan worden.
- Een alternatief voor ontvochtigen met buitenlucht lijkt het ontvochtigen van kaslucht met zout, omdat daarbij geen opwarming van de buitenlucht hoeft plaats te vinden en het drogen van het zout kan plaatsvinden met een warmtepomp.
- Voor verdeling van droge lucht en temperatuur lijkt een slurf boven het gewas met verspreiding via nivolatoren het beste resultaat te geven.
- Het toevoeren van droge lucht kan bij Freesia en anjer mogelijk goedkoper met een systeem waarbij buitenlucht via een ventilator door openingen in het scherm wordt aangevoerd en ter plaatse door de al aanwezige Nivolatoren gemengd wordt met kaslucht. Bij Freesia is in dit onderzoek aangetoond dat de verdeling van lucht van bovenaf door het gewas goed is.
- Bij het gebruiken van nivolatoren bij een lage buitentemperatuur en schermtemperatuur kan het gewas te koud worden als er niet of weinig voor vochtregeling gestookt wordt. In dit onderzoek is tijdens koude en heldere nachten eerst het scherm gesloten, dan zijn de nivolatoren uitgezet en ten slotte is de buistemperatuur verhoogd. In dit onderzoek is gewerkt met de vuistregel dat bij een buitentemperatuur lager dan 5 °C de nivolatoren werden uitgezet.



# Literatuur

Berghoef, J. and A. Zevenbergen (1989).

The effect of air and soil temperature on assimilate partitioning and flower bud initiation of Freesia. V International Symposium on Flower Bulbs 266.

Bot, G.P.A., 1983.

Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. Ph. D. dissertation Agricultural University Wageningen, The Netherlands.

Darras A.I, Joyce D.C. and Terry L.A. (2004).

"A survey of possible associations between preharvest environment conditions and post harvest rejections of cut freesia flowers", Australian journal of experimental agriculture 44 103 - 108.

Dijkhuizen T. and Holsteyn van G.P.A (1975).

"Soil cooling for Freesia's", Acta Horticulturae 51 123 - 129

de Gelder, A., E. Poot, *et al.* (2011).

A concept for reduced energy demand of greenhouses: the next generation greenhouse cultivation in the Netherlands. International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011.952.

Gelder, A. d., M. Warmenhoven, *et al.* (2011).

"Het Nieuwe Telen: Gerbera - teeltseizoen 2010-2011 " Wageningen UR publication.

Helm, F. v. d., P. v. Weel, *et al.* (2012).

"Droge buitenlucht toevoeren in Alstroemeria", Wageningen UR publication

Körner, O. (2003).

Crop based climate regimes for energy saving in greenhouse cultivation, Wageningen University.

IJdo, M.L.; Janse, J.; Hofland-Zijlstra, J.D.; Voogt, W. 2011.

Bladrandjes en Ca bij tomaat: Fysiologische achtergronden van cel- en weefselstevigheid in relatie tot het ontstaan van bladrandjes en infectie met Botrytis cinerea L. Bleiswijk. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapporten GTB-1116.

Janse, J., E. Rijpsma en M.G.M. Raaphorst, 2003.

Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte. Wageningen UR.

Kas als Energiebron, 2010.

[www.kasalsenergiebron.nl](http://www.kasalsenergiebron.nl)

Labrie, C.W., en H.F.Zwart 2010.

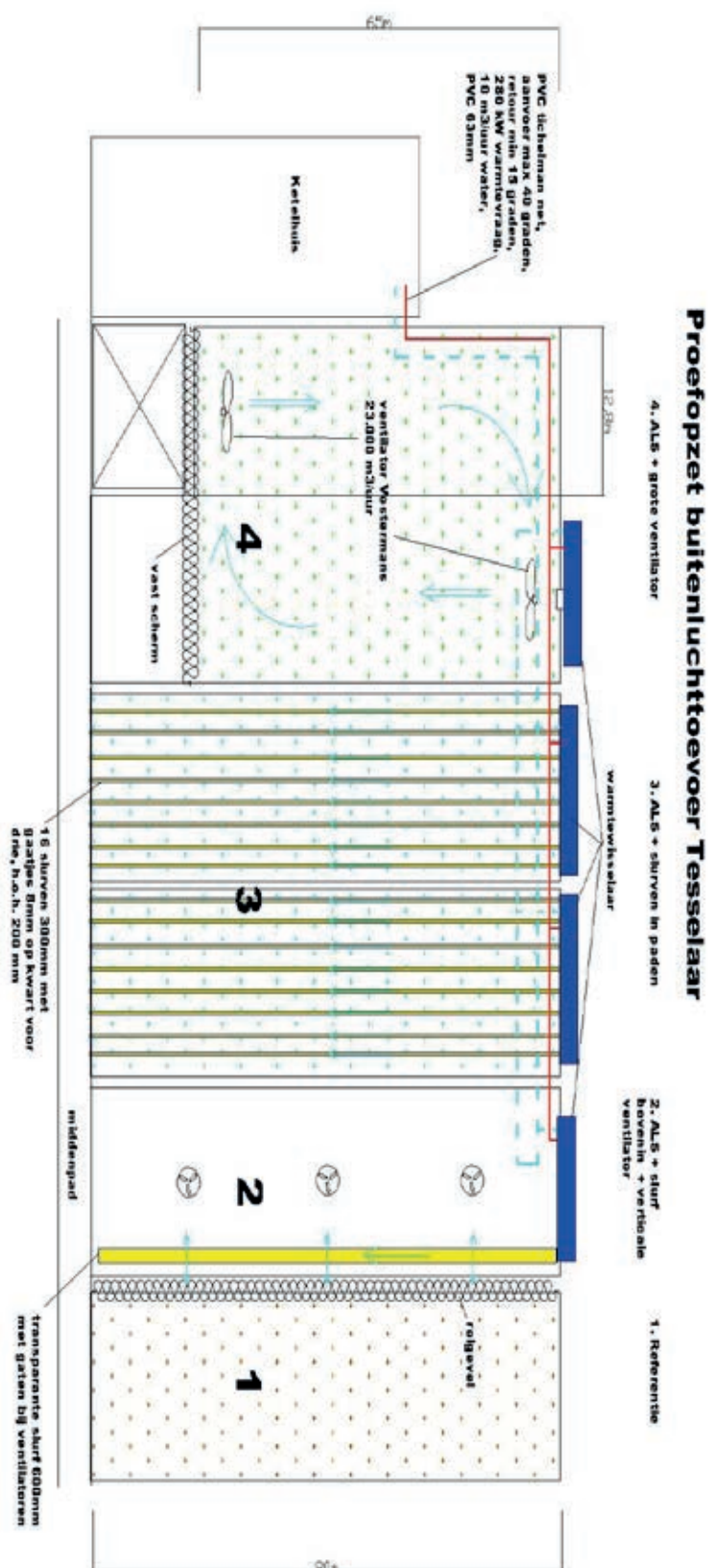
Het Nieuwe Telen Alstroemeria, Energiezuinig teeltconcept snijbloemen met een lage warmtebehoefte. Wageningen UR Glastuinbouw

Labrie, C., P. Visser, *et al.* (2011).

"Freesia Groeimodel" Wageningen UR publication.

- Labrie, C. W., H.F. Zwart (2010).  
 “Het Nieuwe Telen Alstroemeria, Energiezuinig teeltconcept snijbloemen met een lage warmtebehoefte.”  
 Wageningen UR report.
- Labrie C. and F. de Zwart (2010).  
 “Energy Efficient Climate Control for Cut Flower Alstroemeria”, Acta Hort. 927, ISHS 2012
- Spaargaren J. J. (2001).  
 “Belichting van tuinbouwgewassen” Hortilux Schröder.
- Van der Helm, F., P. Van Weel, M. Raaphorst, 2012.  
 Droge buitenluchttoevoeren in Alstroemeria. Wageningen UR Glastuinbouw. Rapport GTB-1180
- van der Velden, N. and P. Smit (2010).  
 Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2009,  
 LEI.
- Weel, P., v., Labrie, C.W. en F. Van der Helm, 2011.  
 Het Nieuwe Telen Freesia. Ontwerp van een energiezuinige teeltconcept. Wageningen UR Glastuinbouw. Rapport  
 GTB-1099
- Weel, P. v. and J. Voogt (2012).  
 “Natuurkundige analyse van de vocht- en energie balans van een tuinbouwkas - het handhaven van een  
 energiezuinig groeiklimaat met behulp van natuurlijke en geforceerde ventilatie”, Wageningen UR publication
- Younis Adnan, Muhammad Zahid Mukhtar Bhatti, Atif Riaz *et al.* (2012).  
 “Effect of different types of mulching on growth and flowering of Freesia alba cv. Aurora” Pak J. Agri. sci vol 49 (4)  
 429 - 433
- Zwart, H. F. de, 1996.  
 Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. IMAG-DLO rapport 96-05.

# Bijlage I      Plattegrond proefopzet Tesselaar Freesia





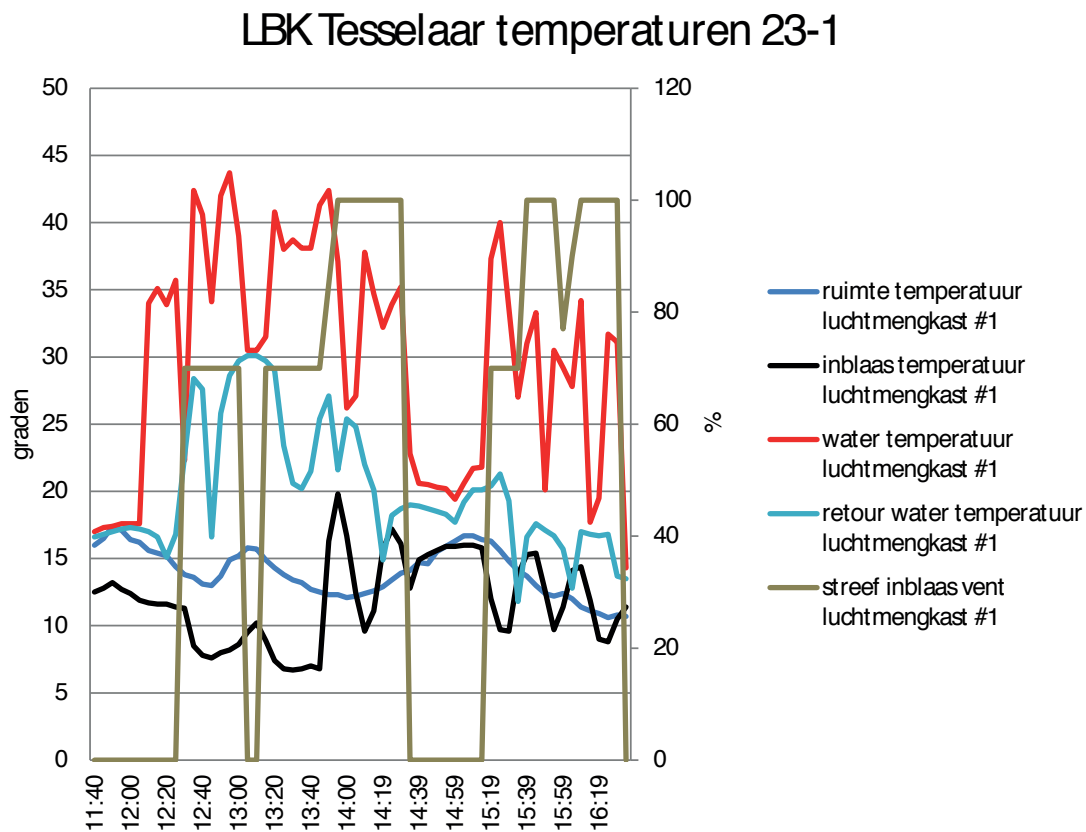
## Bijlage II Chronologisch leerproces HNT Freesia

### Inregel metingen Tesselaar januari 2012

Wageningen UR Glastuinbouw, Peter van Weel

In deze periode is gemeten aan de prestaties van de luchtbehandelingskasten. Dat ging met de nodige problemen gepaard. Eerst bleek er een lek te zitten in de PVC aansluitingen op de warmtewisselaars. Deze zijn allemaal vervangen. Vervolgens stuitte we op het probleem dat de afstelling van de watertoevoer naar de 4 LBK's niet goed was afgeregeld, waardoor met name de unit die voorzien is van de regelvoeler voor de inblaastemperatuur niet goed meedraaide en daarmee ook niet op temperatuur kwam. Omdat de hoofdleiding niet geïsoleerd is bestond het vermoeden dat deze onderweg te veel afkoelde. De meting van de temperatuur van aanvoer en retour vinden in het ketelhuis plaats, dus hadden we geen goed beeld met welke temperaturen de LBK's gevoed worden. Daarom zijn thermokoppels op de aanvoer en retour vlak bij de LBK geplakt. Daaruit bleek dat de doorstroming van de warmtewisselaars niet goed was. Met de hand zijn toen de regelafsluiters bij elke LBK verder opgedraaid, waarna de situatie sterk verbeterde.

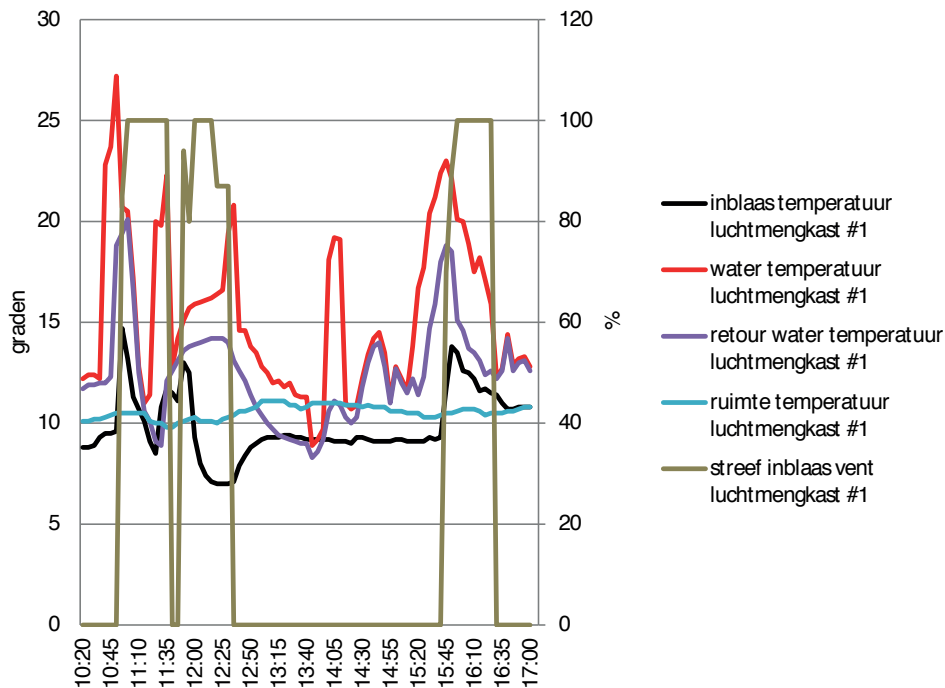
Een voorbeeld is te zien in de volgende figuur.



Als de inblaasventilator aan staat zou de inblaastemperatuur gelijk moeten zijn aan de ruimtetemperatuur, maar dat lukt in de eerste periode niet. Daarna is de regeling aangepast. In de tweede periode is de uitblaastemperatuur gemiddeld wel goed, maar zijn er nog sterke fluctuaties. In de derde blaasperiode is die schommeling nog verder gereduceerd. Maar de regeling van de aanvoer watertemperatuur schiet te fel omhoog en omlaag. Dat komt door een te lange doorlooptijd van het water. Daarom is daarna de smookkraan bij de mengklep in het ketelhuis anders ingesteld met als beoogd effect om de doorstroming te vergroten en minder verschil te krijgen tussen aanvoer en retour.

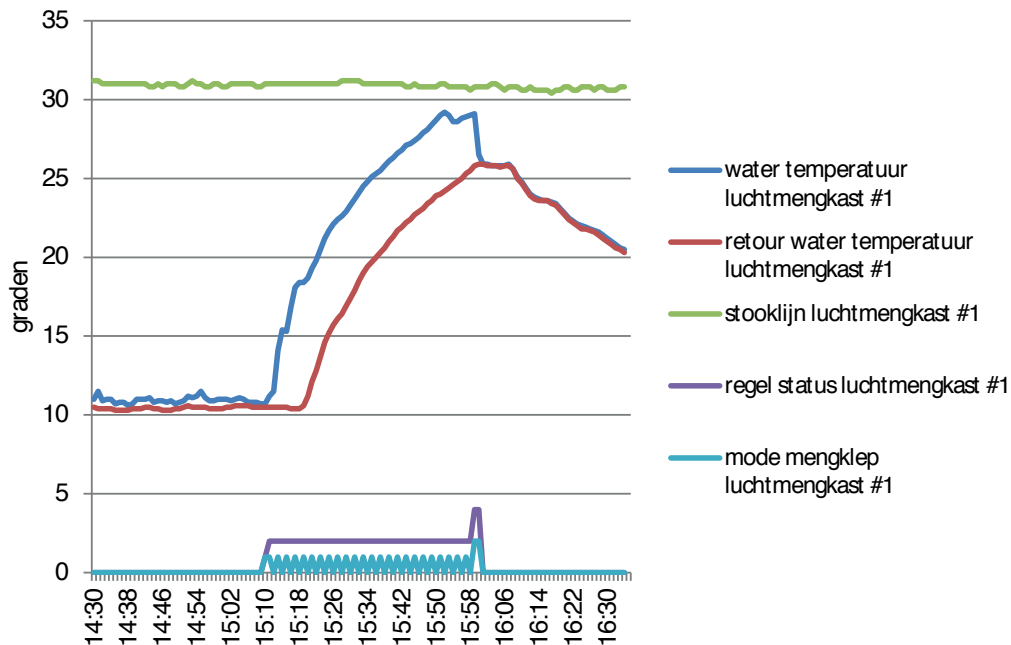


## LBK Tesselaar 26-1



Dit is een plaatje van de prestaties bij verschillende standen van de smoorkraan. In de eerste blaasperiode staat de kraan 1 slag open. De inblaas temperatuur en de ruimtetemperatuur komen pas na 25 minuten bij elkaar. In de tweede blaasperiode is de kraan helemaal open. De aanvoertemperatuur reageert dan nauwelijks meer op het te laag wegzakken van de uitblaas temperatuur. In de laatste blaasperiode is de kraan weer verder dicht gedraaid. Dan duurt het weer te lang tot de inblaas temperatuur tot de juiste waarde is gedaald.

## regelgedrag LBK 30 jan



Op 30-1 hebben we een laatste test gedaan met het volgende resultaat:

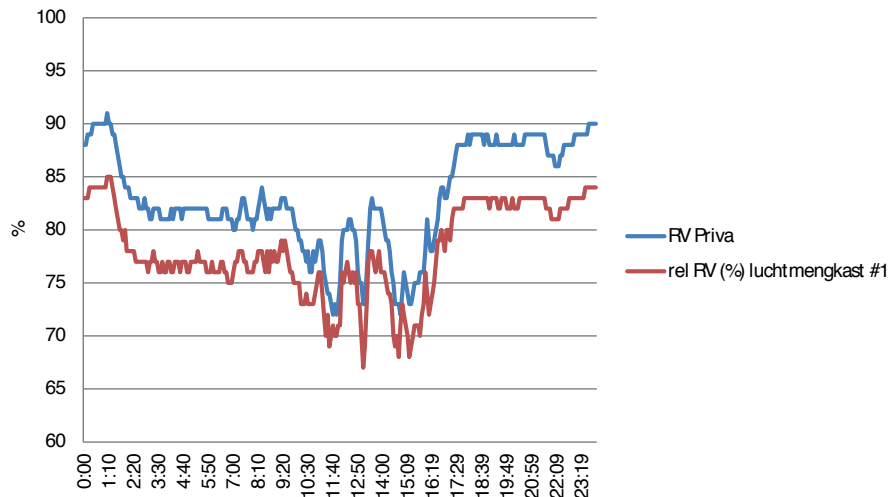
De "stooklijn" is de berekende gevraagde aanvoertemperatuur. Buiten was het -1.5 °C

Het duurt hier weer 30 minuten voor de installatie op temperatuur is. Reden om hem nog niet aan te zetten.

Uit deze metingen hebben we de volgende conclusies getrokken:

1. De installatie moet beter worden afgeregeld door de installateur.
2. De capaciteit van de warmtewisselaars is ruim voldoende om ook bij vorst met watertemperaturen tot 40 graden de buitenlucht op te warmen.
3. Zolang dit probleem niet is opgelost kunnen we niet draaien.

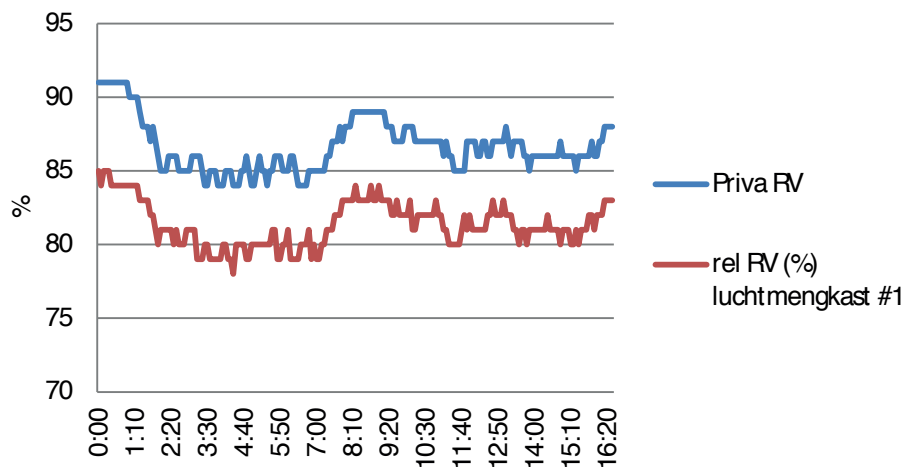
### RV vergelijk 23-1



Een ander probleem waar we tegenaan liepen was dat de RV meting van Tesselaar afweek van de RV meting van de installatie.

De afwijking wordt overdag niet groter dan in de nacht waardoor verondersteld mag worden dat de afscherming tegen instraling voldoende is. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de RV meting niet geventileerd is. Daarom is deze sensor in de uitblaasopening van de Priva meetbox gehangen, maar dat had weinig effect zoals in de volgende Figuur te zien is.

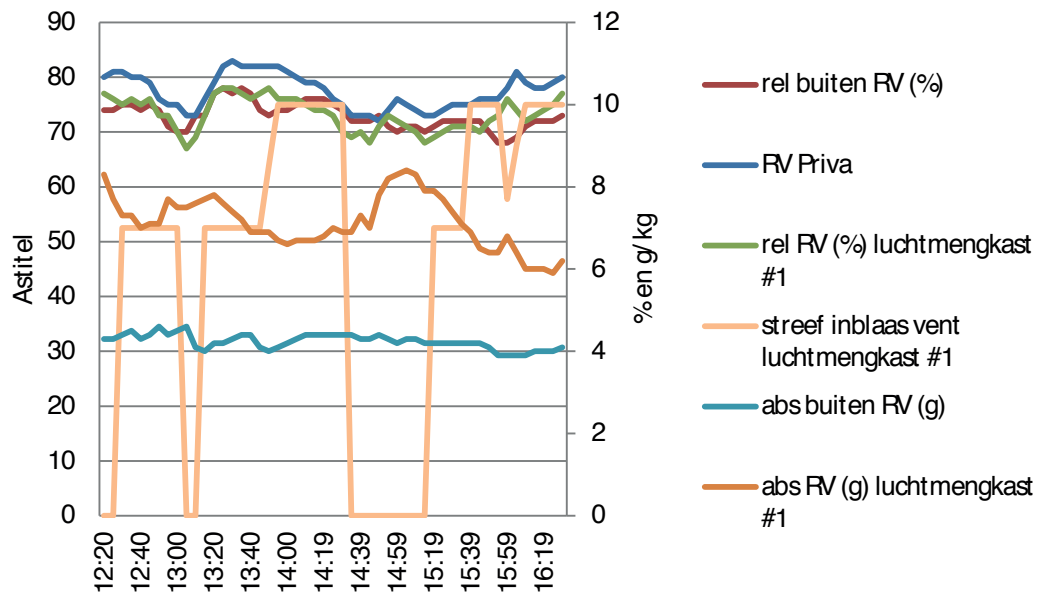
### Vergelijk RV 26-1



Wat opvalt is dat er een vaste afwijking is van ongeveer 5%. We zullen beide sensoren gaan iken. Daarnaast is er toch een geventileerde meetbox besteld. Tot dit probleem is opgelost zal er gewerkt gaan worden met een 5% lagere instelling.

Het effect van de installatie op de RV en de vochtinhoud van de kas is te zien in de volgende figuur.

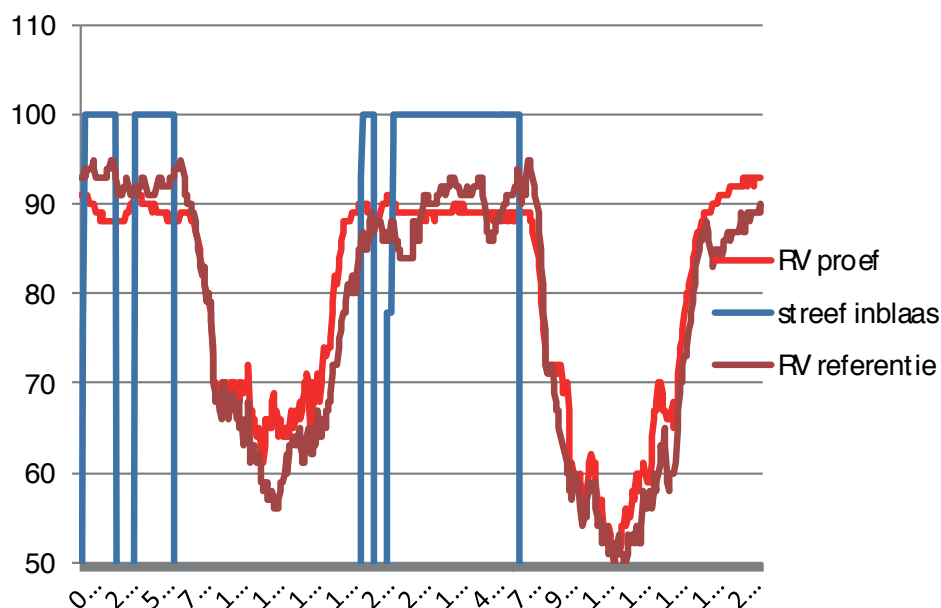
## Tesselaar vocht 23-1



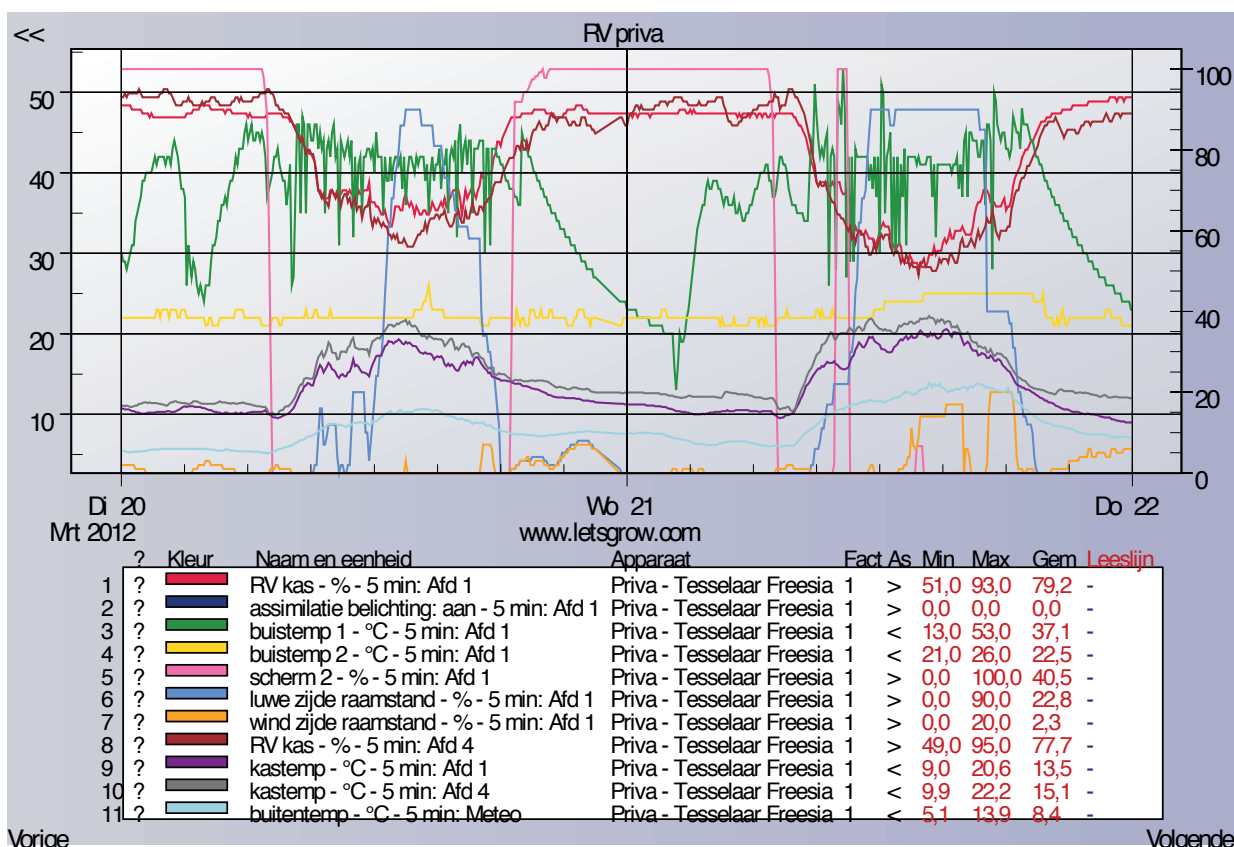
Met name het absoluut vocht neemt af tijdens het inblazen van buitenlucht. Omdat de RV al laag was zie je daarin niet zo veel verlaging omdat de planten iets meer gaan verdampen. Bovendien zakte de temperatuur in die perioden zoals in de eerste Figuur in dit verslag is te zien. De installatie regelt bovendien op basis van de RV meting "luchtmengkast" met een bandbreedte van 5%.

## Periode maart 2012

Het heeft nog enige tijd geduurd voordat het systeem echt goed werkte. Uiteindelijk bleek een te krappe mengklep ervoor te zorgen dat de regeling van het systeem niet soepel werkte. Tijdens de strenge vorst is er daardoor zelfs een paneel kapot gevoren. Na aanpassing van deze klep en het opnieuw afstellen van de regelkranen bij de warmtewisselaars werkte het systeem zoals beoogd. De RV sensor waarmee in de kas wordt bepaald of er ontvochtigd moet worden bleek een paar % af te wijken van de sensor van Tesselaar. Nadat deze in de luchtstroom van de meetbox is gebracht was dit probleem verholpen. De ventilatoren van de luchtbehandelingskasten vielen soms in storing en wilden niet meer opstarten. Dat bleek een softwarefout in de ventilator beveiliging te zijn. Tijdens de oogstperiode heeft het systeem overdag stil gestaan omdat men liever niet over de slurven in het pad wilde lopen. Uiteindelijk is er dus maar kort echt volledig gedraaid aan het einde van de teelt. De resultaten daarvan zijn als volgt (meetboxen Tesselaar).



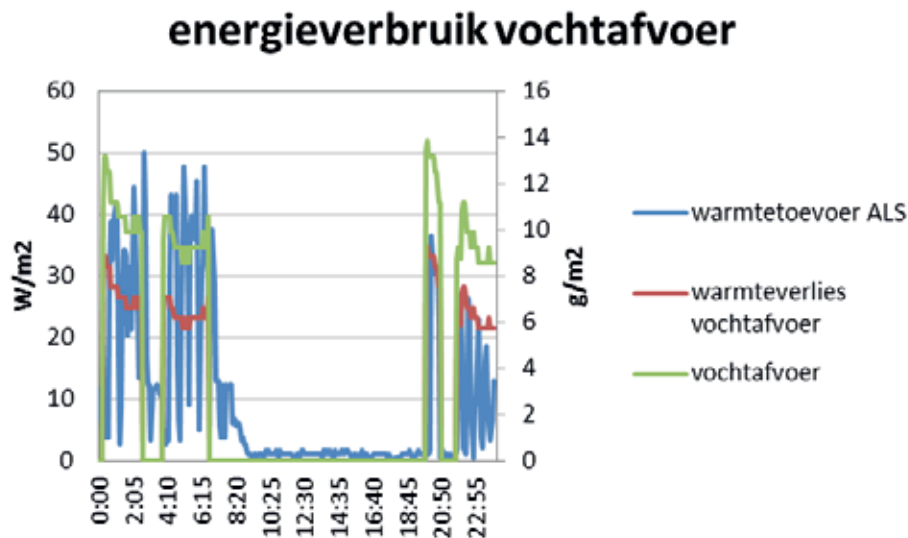
Duidelijk is te zien dat wanneer de installatie gaat blazen de RV omlaag gaat en vervolgens stabiel blijft rond 88%. Tussen 22.00 uur en 4.00 uur was het scherm zelfs volledig gesloten en dat gaf een zeer stabiel beeld. In de klimaatcomputer hadden we toen het volgende beeld:



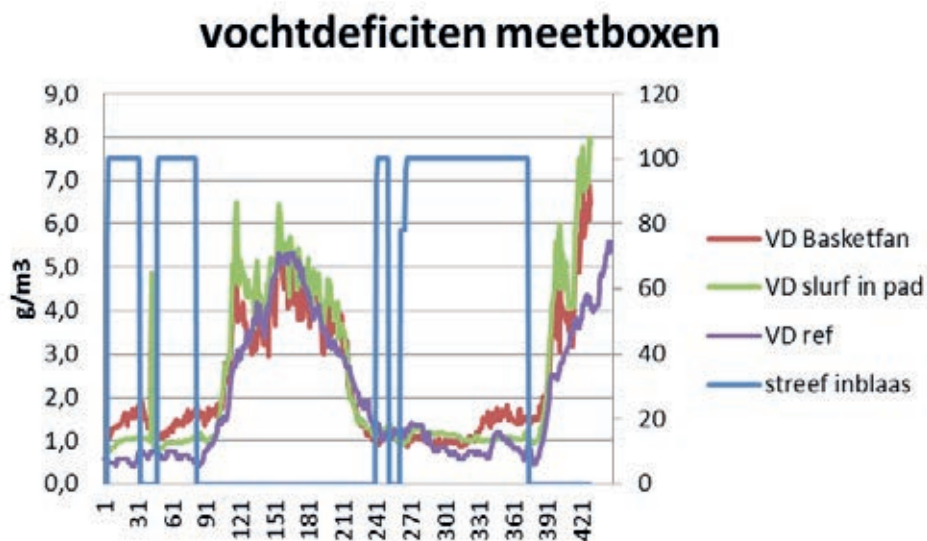
De kastemperaturen waren met dicht scherm verschillend. In de referentieafdeling was het 1-1,5 °C warmer. Er werd nauwelijks gelucht, 3-5%. De buitentemperatuur was bij gesloten scherm 6-8 °C. Buis 1 gaat omhoog als de buitenluchttoevoer gestart is, terwijl de kasttemperatuur stabiel op 10 graden blijft.

Blijkbaar levert de vochtafvoer zoveel extra afkoeling dat de verwarming extra bij moet springen. De ramen gaan in de blaasperiodes zelfs dicht en het scherm blijft volledig gesloten, dus deze veroorzaken geen extra warmtevraag. In de regeling moeten we daar nog eens goed naar kijken.

De hoeveelheid vocht die is afgevoerd en de energie die daarvoor geleverd is door de warmtewisselaar staat voor de eerste dag in de volgende grafiek:



Er is dus 10-12 g/m<sup>2</sup>/uur vocht afgevoerd tijdens het blazen. Daarvoor was in de ochtend 30 W/kasm<sup>2</sup> aan warmte nodig, later in de avond 15 W/kasm<sup>2</sup> omdat de buitenlucht toen warmer was. Met de afvoer van vochtige lucht verdween ongeveer 35 W/kasm<sup>2</sup> naar buiten.

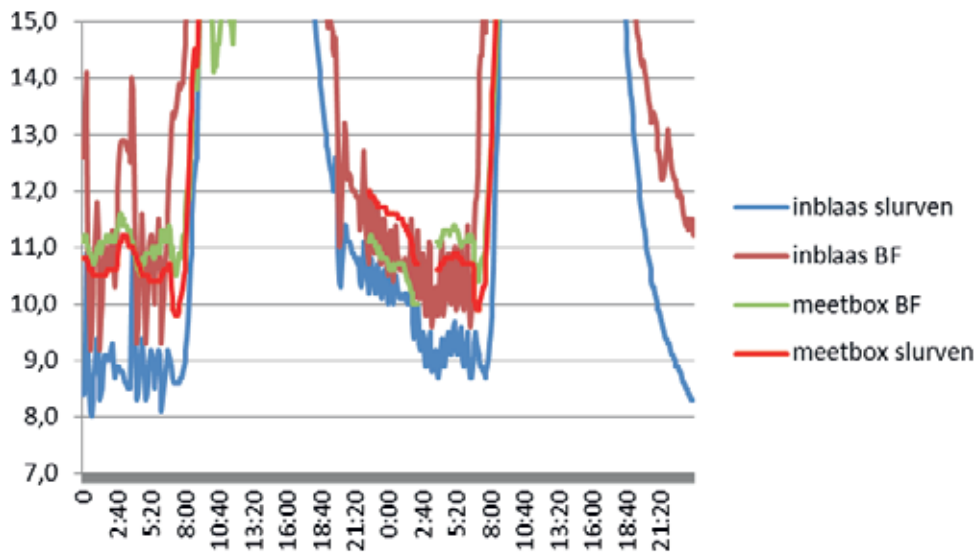


Tussen de systemen maar ook in vergelijking met de referentie bleken wat verschillen op te treden in temperatuur. Dat maakt het moeilijk om de werking van de systemen alleen op RV te beoordelen. Daarom zijn op basis van de meetboxen in de kop van het gewas de vochtdeficiten uitgerekend voor de nachten van 20 en 21 maart.

De referentie reageert een klein beetje op het aanzetten van de installatie, waarschijnlijk een gevolg van de grote ventilatoren. We moeten overwegen om toch een foliescherm aan te brengen.

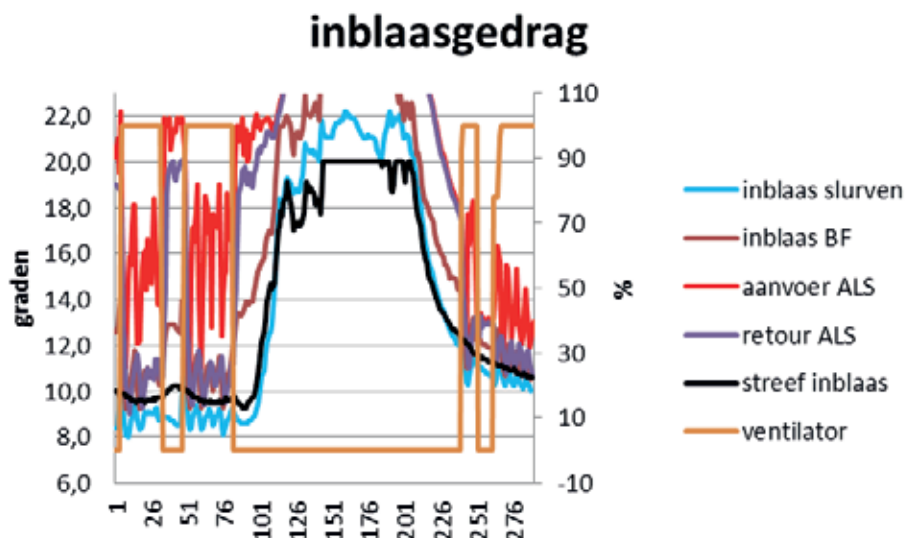
De andere twee systemen reageren duidelijker, waarbij de Basketfan het grootste effect levert. Dat is overigens in de tweede nacht veel minder toen het schermdoek volledig dicht lag. De kasttemperaturen waren toen bij de slurven en de Basketfan nagenoeg gelijk, terwijl de eerste nacht de basketfan afdeling warmer was dan de slurven afdeling.

De temperatuur van de uitgeblazen lucht is bij beide systemen gemeten en zag er als volgt uit:



De verschillen in de meetboxen zijn minder groot dan in de ingeblazen lucht en eigenlijk verwaarloosbaar, maar de afdeling met de Basketfan is de eerste nacht warmer dan bij de slurven en de tweede nacht juist andersom.

Mogelijk geven de temperaturen van de warmtewisselaars meer inzicht in de verschillen in uitblaastemperatuur. Daarbij moet bedacht worden dat de installatie alle warmtewisselaars aanstuurt op basis van een meting bij de slurven.



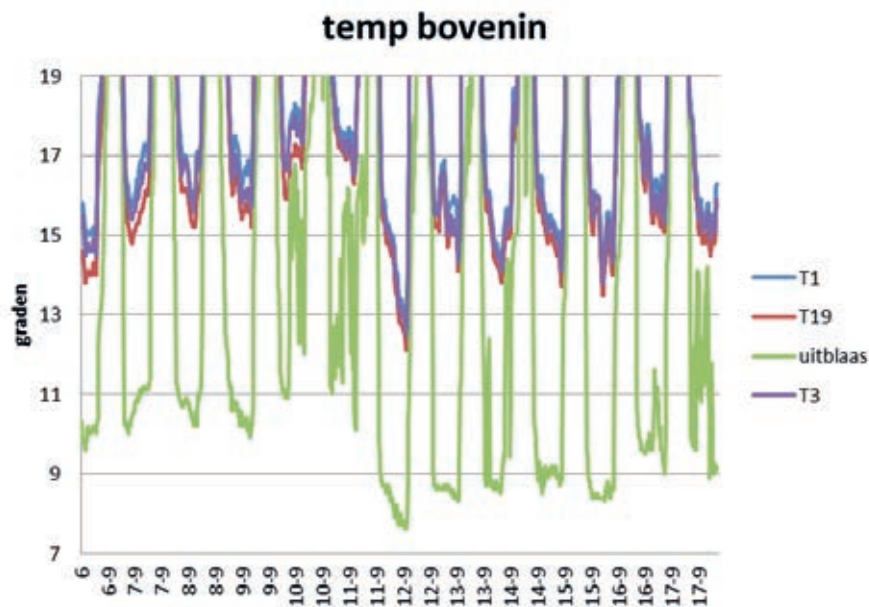
Zowel in de ochtend als in de avond blies de ALS bij de Basketfan te warm in en bij de Slurven te koud. Daar ligt dus geen verklaring voor het verschil in meetbox temperatuur tussen de ochtend en de avond. De afwijking is ook maar 1 °C en veel nauwkeuriger zal het niet lukken om te regelen. Zoals al hierboven geconstateerd zijn die verschillen bij de meetboxen ook niet meer terug te vinden. Dat is ook logisch want er wordt immers maar weinig lucht toegevoerd. Conclusie: de uitblaastemperatuur wordt goed geregeld en de verschillen tussen de kasten zijn verwaarloosbaar.

## Periode Augustus-september 2013: Koelen

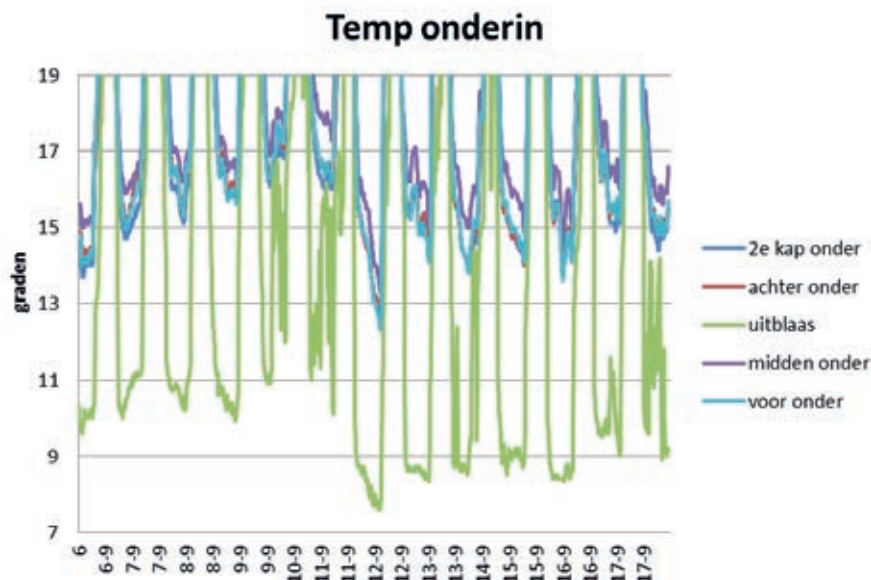
In de periode vanaf 20 augustus is er een koelmachine opgesteld die de warmtewisselaar van de buitenste twee tralies van koud water voorziet. Er is in eerste instantie een water temperatuur van 10 graden ingesteld, sinds 11 september een watertemperatuur van 6 graden. De installatie draaide alleen tussen 18.00 en 8.00 uur. Overdag werd er geen koud water door de panelen gestuurd, maar kon wel buitenlucht worden binnengebracht. De RV was ingesteld op 86%.

### Temperatuurverdeling

De



temperaturen die gerealiseerd zijn zien er als volgt uit:



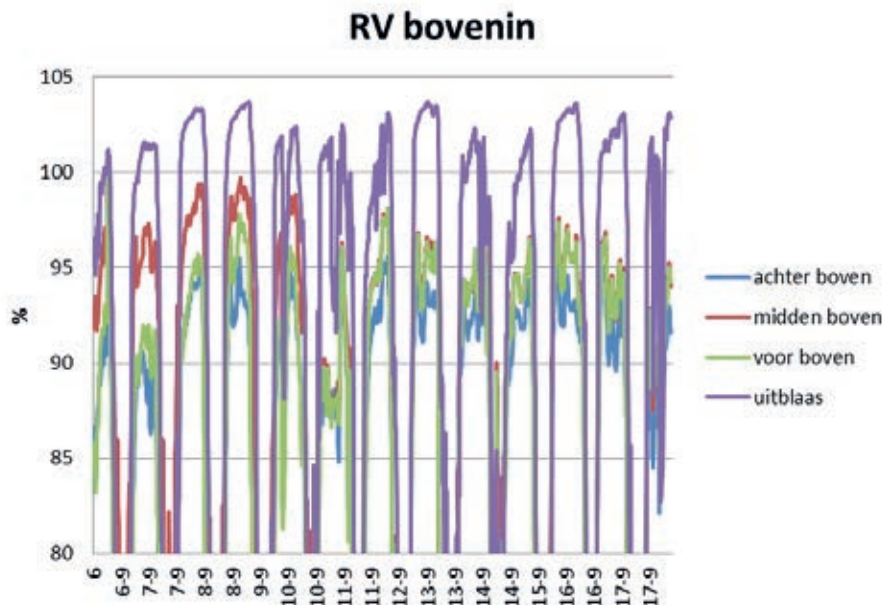
Duidelijk is zichtbaar dat dankzij de grote ventilatoren de temperatuur boven het gewas overal gelijk was, terwijl de 5 tot 7 graden koudere inblaaslucht goed gemengd werd met de kaslucht.

Onderin het gewas valt op dat de temperaturen nagenoeg gelijk zijn aan boven het gewas, maar dat de temperatuur onderin het gewas in het midden van de kap permanent iets hoger is dan de rest. Dat heeft zoals we later zullen zien ook gevolgen voor de RV.

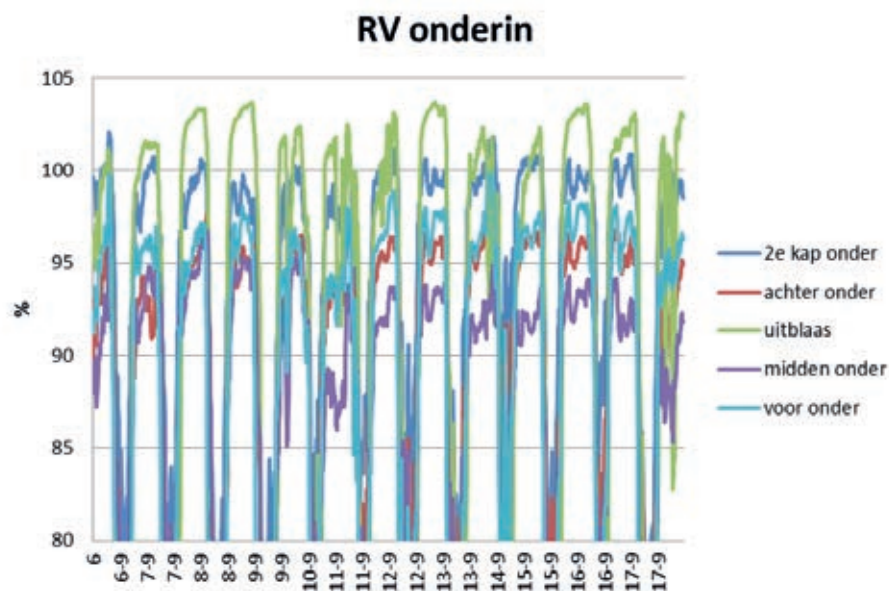


Maar in het algemeen is het een mooi egaal beeld, ook de tweede kap komt goed mee. In rookproeven is ook bevestigd dat de grote ventilatoren de lucht uit de warmtewisselaars goed mengen en door de twee kappen mooi in rondjes bewegen. Wel viel op dat door de grote ophanghoogte van de ventilatoren ruim over de eerste 6 meter bed heen wordt geblazen. In de beoordeling van de gewasreactie viel ook op dat die hoek anders reageerde.

## Vocht

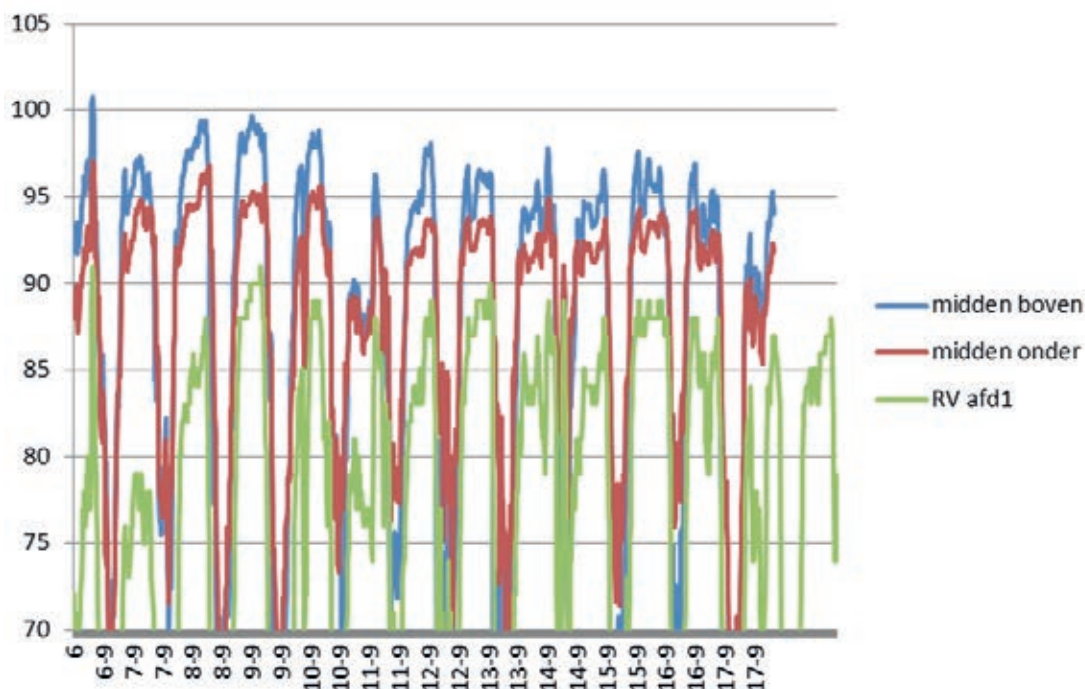


Bij de RV is het beeld genuanceerder:



## RV tussen het gewas

Wat opvalt is dat de RV bovenin het gewas veel egaler is verdeeld over de kas dan onderin. Vanaf het verlagen van de watertemperatuur na 11-9 gaan de waarden bovenin het gewas erg dicht naar elkaar. Onderin gaan ze juist verder uit elkaar lopen. Met name in het midden van de kap daalt de RV onderin het gewas sterk. Dat kan het effect zijn van de worp van de ventilator.



De meetbox van Tesselaar gaf in vergelijking met de draadloze meters zonder aanzuiging het volgende beeld:

Wat opvalt is dat de RV in de meetbox het laagste is, en niet zo erg reageert op de lagere watertemperatuur in de warmtewisselaar vanaf 11-9. De RV meting onderin het gewas daarentegen, die overigens lager is dan de meting op knophoogte, reageert daar wel op. Deze RV is iets lager omdat de temperatuur onderin ook iets hoger is dan op knophoogte. Dat duidt erop dat waarschijnlijk door de luchtbeweging meer vocht van onderuit het gewas wordt afgevoerd.

### Gerealiseerde vochtafvoer

De ingeblazen lucht heeft een RV van 100% omdat er condensatie plaats heeft gevonden in de warmtewisselaar. Maar omdat deze lucht 5 tot 7 graden kouder is dan de kaslucht zal deze na menging met kaslucht in RV dalen. Bijvoorbeeld bij opwarming van 9 naar 15 graden krijgt deze lucht een RV van 68%. Hoewel de RV in de kas voor en na het verlagen van de watertemperatuur hetzelfde was, is er wel verschil geweest in absoluut vocht. De eerste periode was de gemiddelde inblaasttemperatuur 10,7 graden, wat overeenkomt met 9,9 g/m<sup>3</sup>. Daarna 8,6 graden, wat overeenkomt met 8,6 g/m<sup>3</sup>. In de kas was het gedurende de nacht gemiddeld 85% RV en 15,2 graden na 11-9, hetgeen overeenkomt met 11,3 g/m<sup>3</sup>. Dat betekent dat per m<sup>3</sup> buitenlucht maximaal 11,3-8,6= 2,7 gram vocht werd afgevoerd. De ventilator heeft op 70% capaciteit gedraaid, hetgeen overeenkomt met ongeveer 3,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/uur. Dat betekent netto 8,6 gram/m<sup>2</sup>/uur vochtafvoer. Dat is niet heel erg veel en dat komt door de relatief lage teelttemperatuur van Freesia. Was de kaslucht 20 graden geweest dan had hij bij 85% RV geen 11,3 g/m<sup>3</sup>, maar 14,9 g/m<sup>3</sup> geweest. Dat komt dan overeen met (14,9-8,6)\*3,2= 20 g/m<sup>2</sup>/uur vochtafvoer.

De vochtafvoer had nog wel verder vergroot kunnen worden door meer ventilatorcapaciteit. Dan had echter ook de koelcapaciteit met eenzelfde percentage vergroot moeten worden. Nu werd er 5300 m<sup>3</sup>/uur buitenlucht met een RV van 94% en een temperatuur van 11,6 graden afgekoeld naar 8,6 graden. Dat kost op 1664 m<sup>2</sup> kas 32000 kJ ofwel 8,8 kW. Per m<sup>2</sup> kost dat bij 3 maanden draaien gedurende 12 uur dan 5,7 kWh. Verdubbelen van de vochtafvoer vergt verdubbeling van de ventilatorcapaciteit (die meer stroom verbruikt en die is nog niet meegerekend) en verdubbeling van het energieverbruik.

### Conclusie

De ontvochtigingsinstallatie heeft technisch goed gefunctioneerd. De ingestelde watertemperatuur van 6 graden is de laagst mogelijke. De kunststof panelen laten bij die temperatuur de buitenlucht afkoelen tot ongeveer 9 graden en dat betekent dat vochtige buitenlucht met meer dan 90% RV ontvochtigd kan worden tot een buitentemperatuur van ongeveer 11 graden.

Naverwarming is niet nodig geweest omdat de grote ventilatoren zorgen voor een goede menging met kaslucht. Daardoor waren de temperaturen netjes verdeeld.

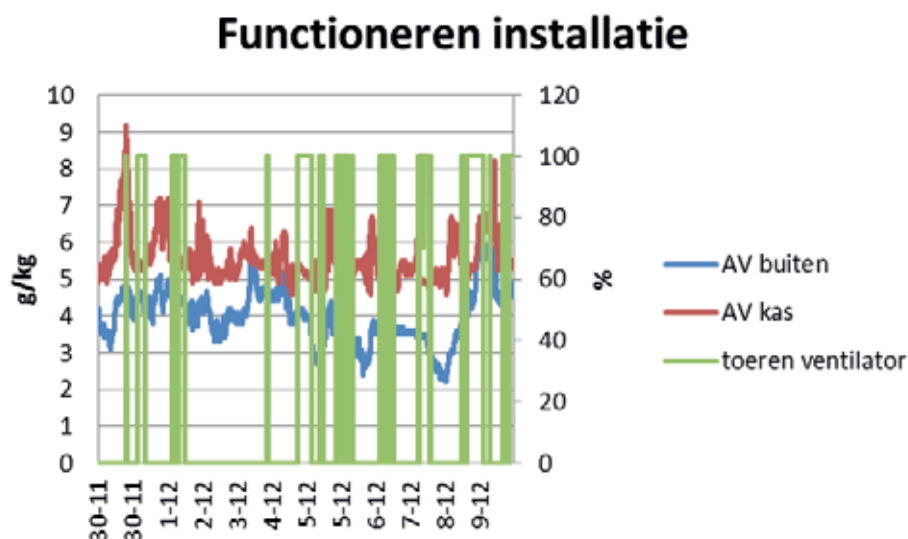
De eerste 6m achter de ventilator bestaat er voor wat betreft vocht een dode hoek. Halverwege de kap duikt de lucht juist een beetje het bed in waardoor daar lokaal de RV tussen de planten extra wordt verlaagd. In de 2<sup>e</sup> kap is de RV onderin het gewas juist weer wat hoger. De RV tussen de knoppen is redelijk gelijk over de hele afdeling.

Er wordt relatief weinig vocht afgevoerd, ongeveer 8 gram/m<sup>2</sup>/uur. Dat komt door de lage teelttemperatuur. Vergroting daarvan kan alleen door meer buitenlucht in te brengen. Daarmee stijgen wel het energieverbruik voor de koeling en het stroomverbruik van de ventilatoren.

## Periode November-December 2012

### Luchtbehandelingskast

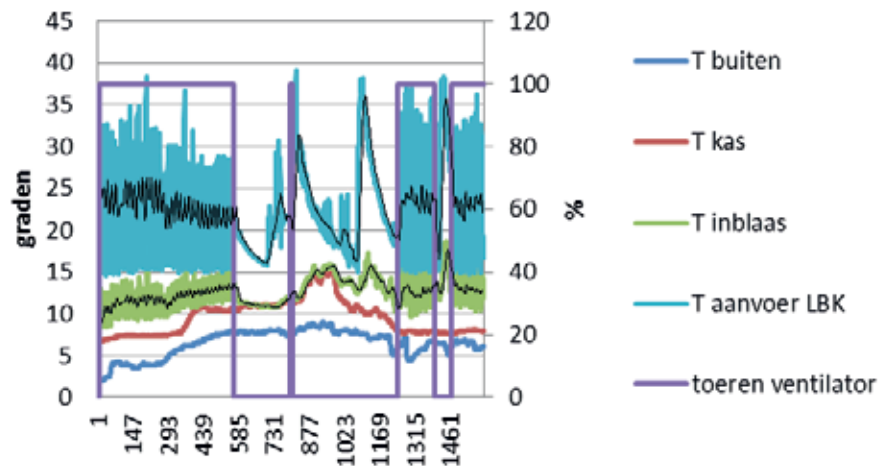
De luchtbehandelingskasten konden in November-December vaak draaien omdat het absoluut vocht buiten veelal lager was dan binnen.



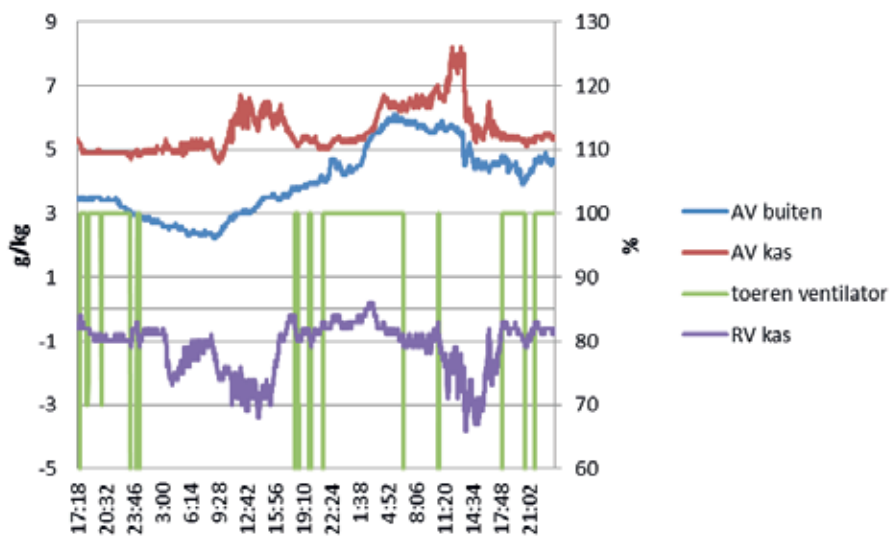
En

als ze dan draaiden was een aanvoertemperatuur van gemiddeld 24 graden voldoende om de buitenlucht op te warmen naar kasttemperatuur. Gemiddeld werd er wel 5 graden te warm ingeblazen. Dat heeft te maken met de instelling van de regelaar. Maar gezien de kleine hoeveelheid warmte die daarmee teveel de kas wordt ingebracht en het gevaar op bevriezing als de installatie te krap wordt afgesteld hebben we niets veranderd aan de regeling.

## temperaturen LBK



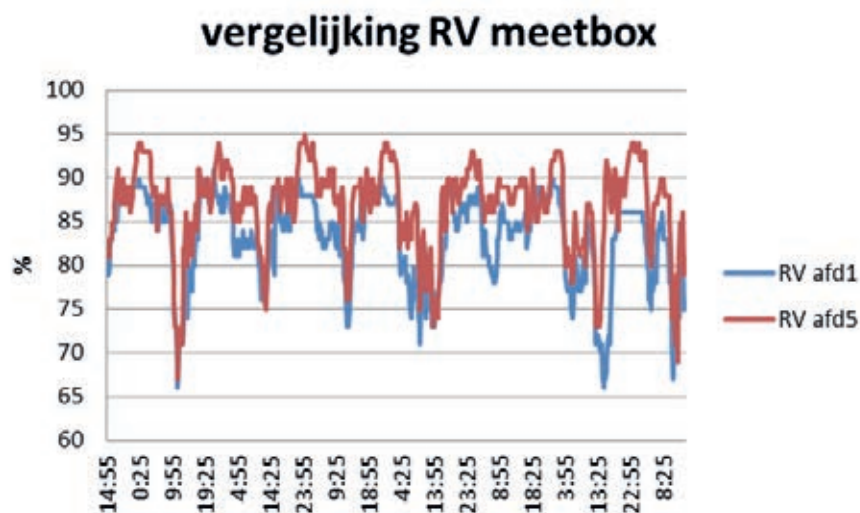
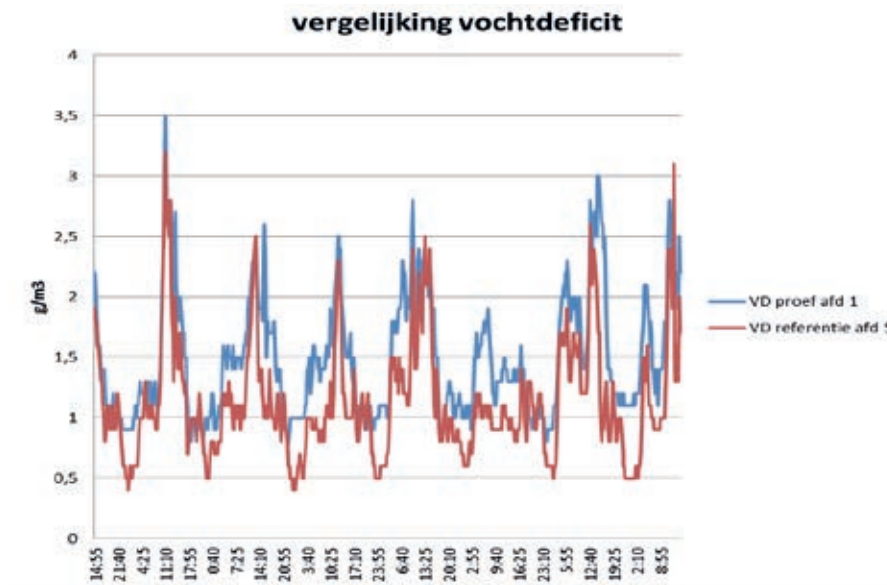
## Functioneren installatie



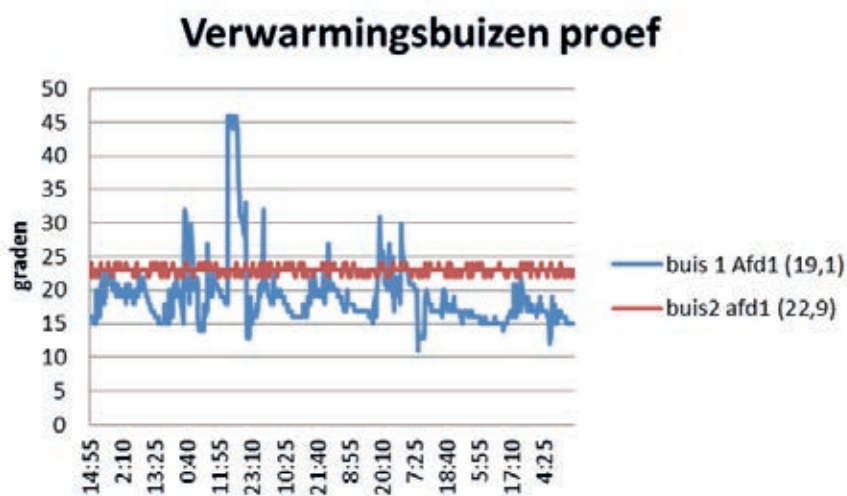
De RV in de meetbox laat zien dat de RV in de kas dankzij de luchtbehandelingskasten goed beheerst is geweest.

### Klimaat in de kas

In vergelijking met de referentiekas is het vochtdeficit in de meetbox in de nacht altijd hoger geweest dankzij het inblazen van buitenlucht.

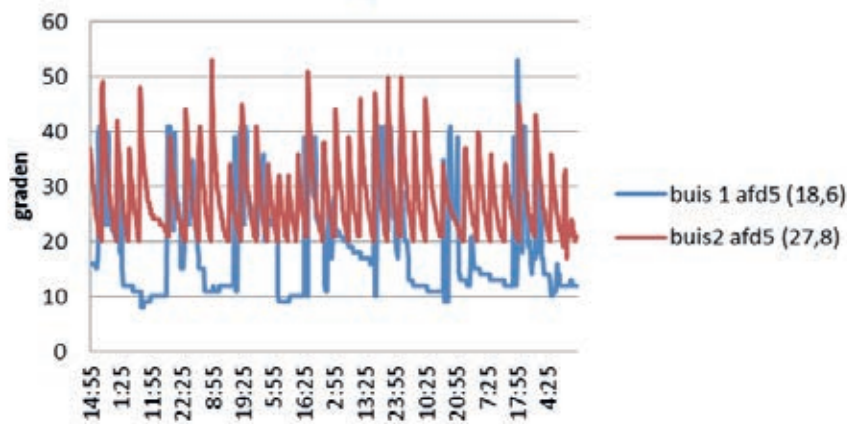


Ook in de RV's is dat verschil zichtbaar.





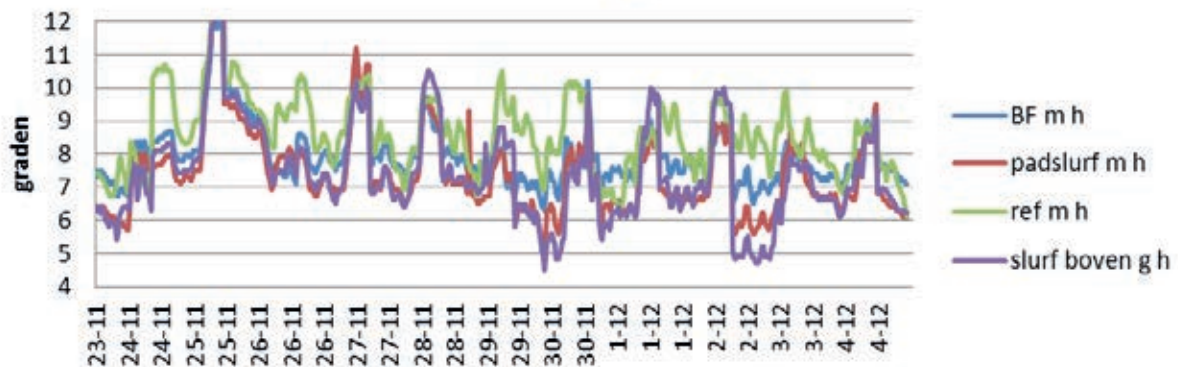
## Verwarmingsbuizen referentie



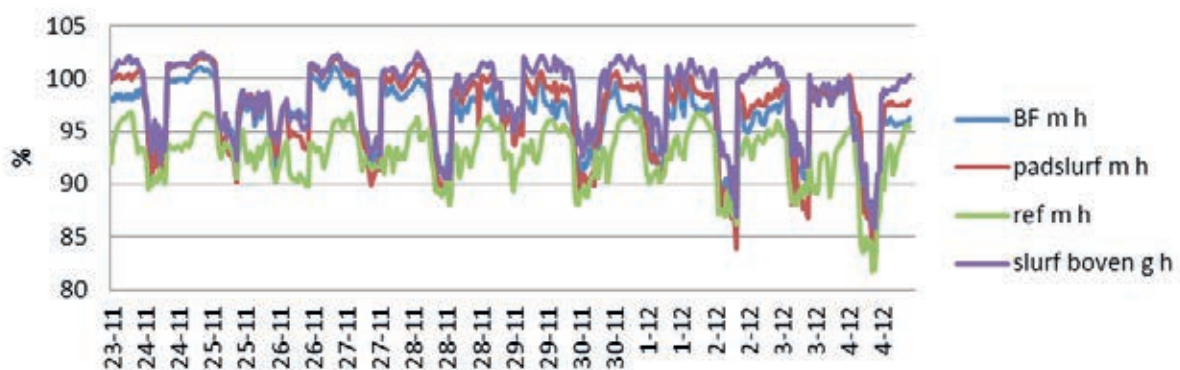
Wel is geconstateerd dat de verwarmingsnetten in beide afdelingen erg verschillend gebruikt zijn waardoor vergelijking op RV iets moeilijker wordt, zeker tussen het gewas. In de grafieken staan de gemiddelde buistemperaturen tussen haakjes vermeld. Klimaat tussen de planten

De sensoren tussen de planten laten een wisselend beeld zien. De sensoren net boven het bladpakket laten een RV zien die hoger is als bij de referentie. Dat wordt echter voornamelijk veroorzaakt doordat de temperatuur daar ook lager is ten opzichte van de referentie.

## T bovenin gewas

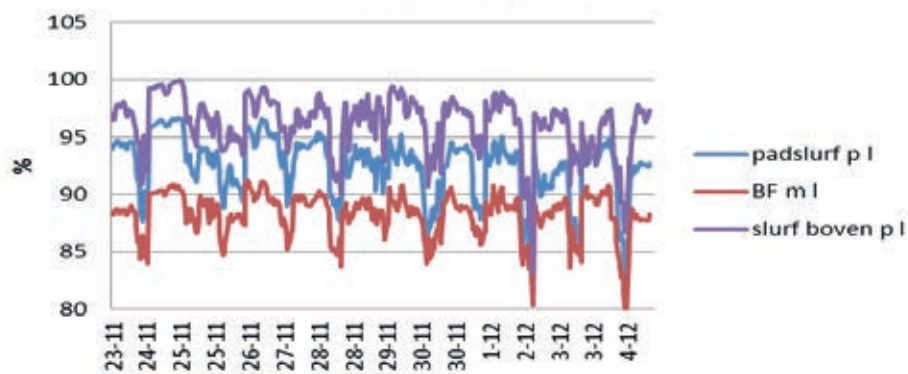


## RV bovenin gewas

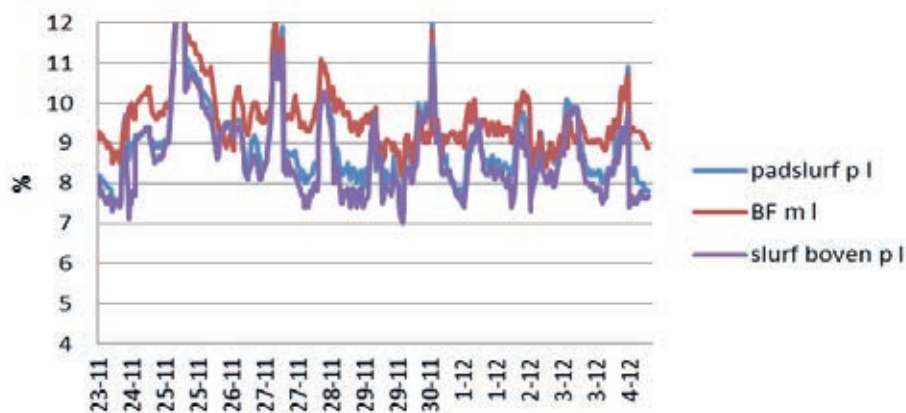


Onderin het gewas hebben we helaas te weinig gegevens van de referentie, maar ook hier zie je duidelijk dat het systeem met de hoogste RV, de slurf bovenin de kas, ook de laagste temperatuur tussen de planten heeft. In dat opzicht doet de Basketfan het goed.

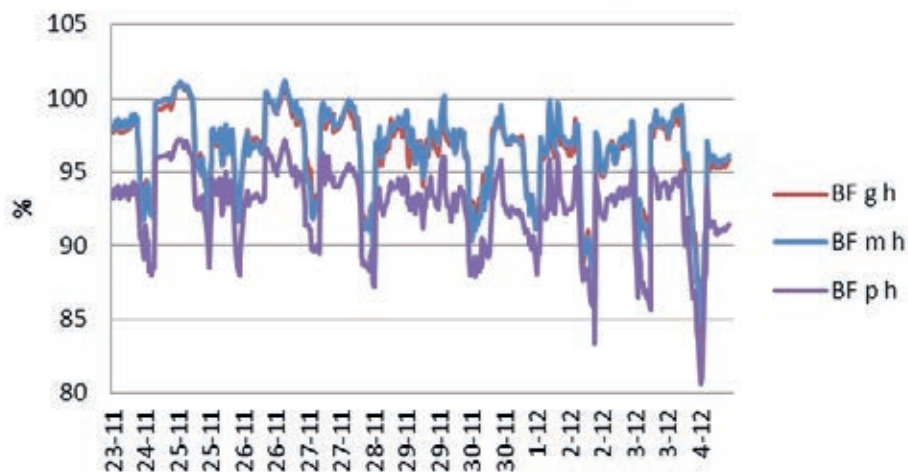
### RV onderin gewas



### T onderin gewas



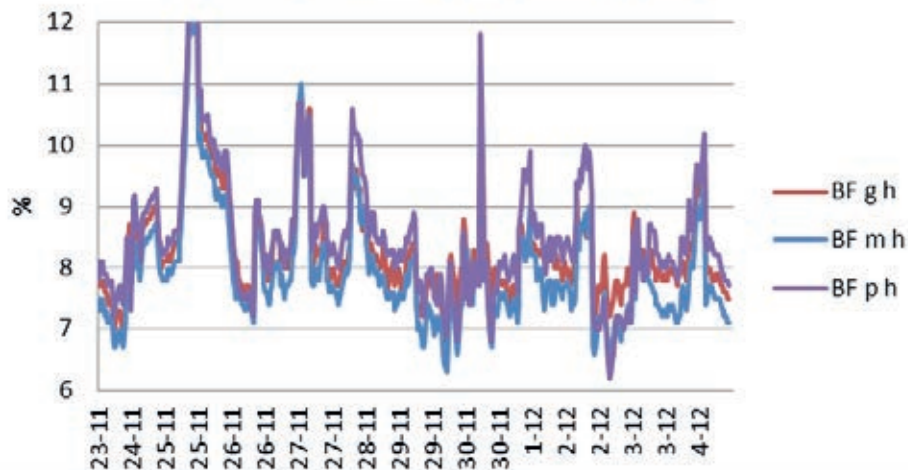
### Basketfan RV bovenin gewas



Kijken we naar de verdeling van de Basketfan, dan valt op dat de temperaturen vrij gelijk zijn over de lengte van de worp, maar de RV neemt verder van de ventilator toe.



## Basketfan T bovenin gewas

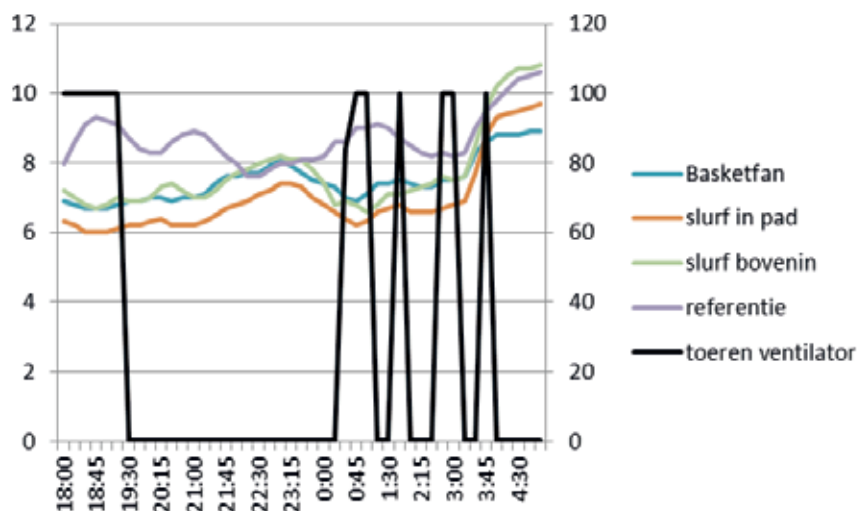


## Gevolg uitzetten Nivolatoren, 12-12-2012

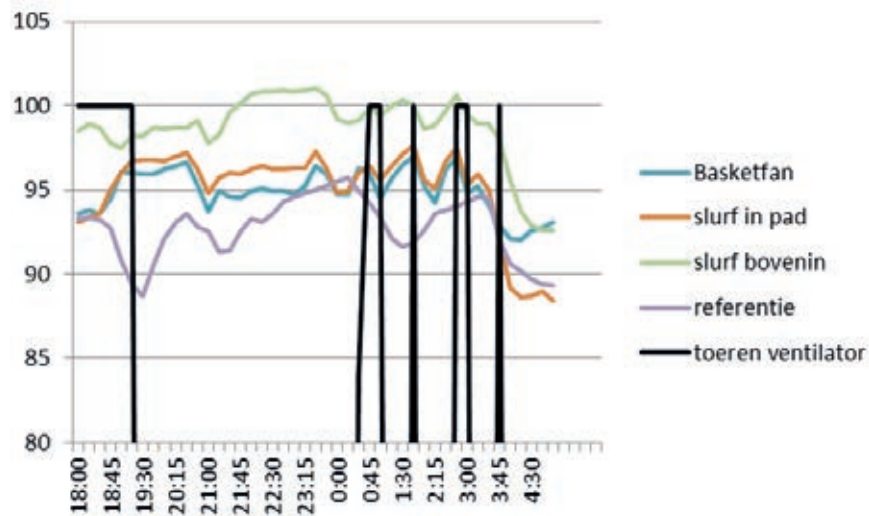
Om 21.00 uur zijn in afd. 1 de Nivolatoren uit gegaan

Bij Tesselaar viel op dat in de proefafdeling de temperatuur tussen het gewas lager was dan in de referentiekas. De vraag is wat daarvan precies de oorzaak is. Duidelijk is wel dat de buis rondom het bed veel minder gebruikt wordt dan in de referentie. Een meting op 12 december om 18.00 uur van de temperaturen in de kas leverde op dat het schermdoek verreweg de laagste temperatuur had (2 graden), de topbladeren (6 graden) iets kouder waren dan de meetbox (8 graden) en onderin het gewas de bladtemperatuur zelfs nog iets lager was (5 graden). Als er niet verwarmd wordt met de buizen langs het bed, komt de meeste warmte vanuit de bodem omdat deze verwarmd wordt. De oppervlaktemperatuur was 9 graden. Er is een rookproef gedaan en daaruit ontstond de indruk dat de Nivolatoren de koude lucht van onder het scherm het gewas in stuwen. Daardoor zakt niet alleen de temperatuur, maar stijgt ook de RV. Verder is van belang dat een koud scherm ervoor zorgt dat de planten door uitstraling naar dat scherm kouder worden dan de omringende kaslucht, dus ook kouder dan de meetbox aangeeft.

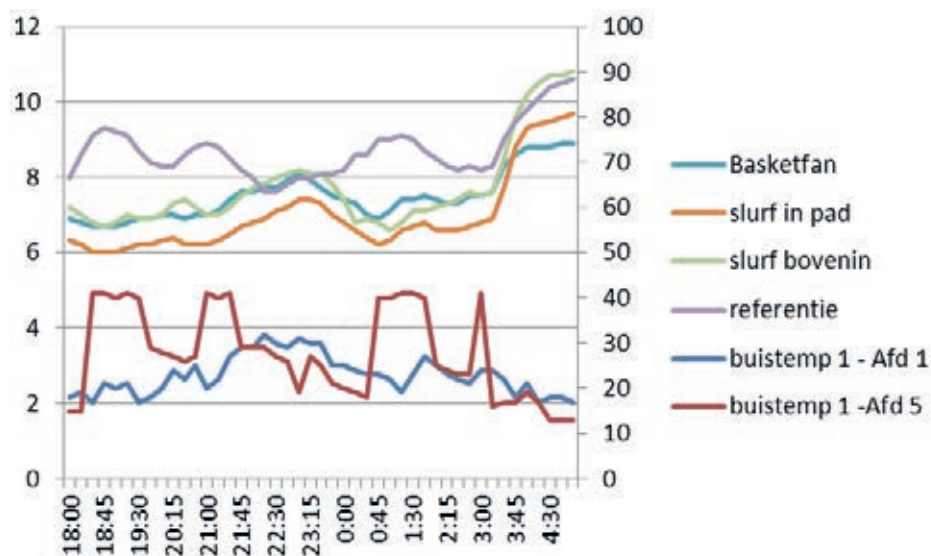
Om 21.00 uur zijn de Nivolatoren uit gezet om te kijken wat er dan verandert in het klimaat tussen de planten. Gedurende de hele nacht zijn de RV en de temperaturen tussen het gewas gemeten. De buitenluchttoevoer is wel aan geweest (toeren ventilator). Daaruit ontstaat het volgende beeld:

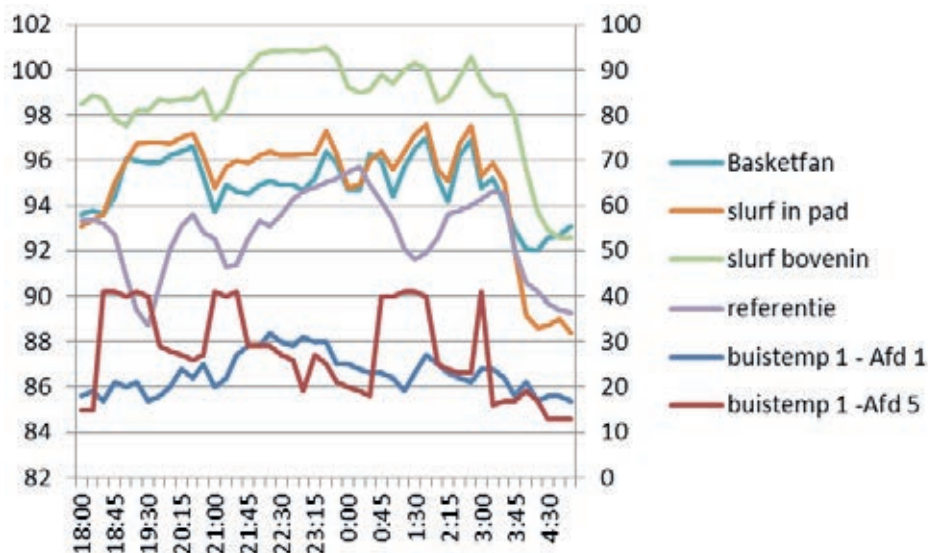


Duidelijk is te zien dat de temperatuur bovenin het gewas tot 21.00 uur hoger is bij de referentie, terwijl de RV daar lager is. Daarna stijgt de temperatuur in het proefvak. Het uit zetten van de Nivolatoren heeft dus een positief effect in het gewas! Om 23.15 uur zakt de temperatuur echter weer. De vraag is wat er toen is gebeurd. Daarom zijn dezelfde temperaturen en RV's uitgezet tegen de andere factoren zoals buistemperaturen en schermkier.



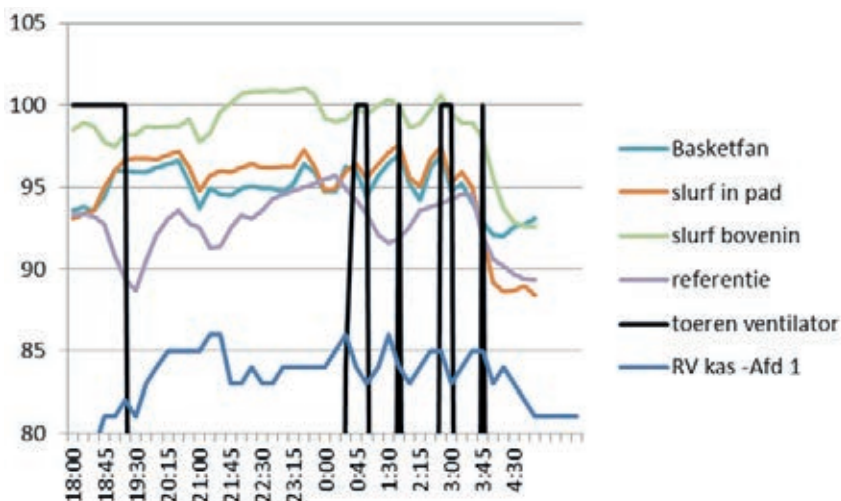
#### Relatie met buistemperaturen

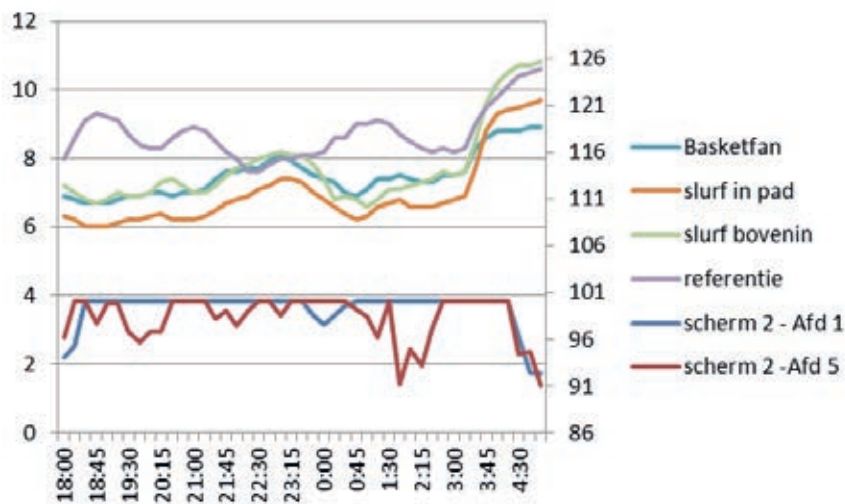




Duidelijk is te zien dat de buistemperatuur in de referentie tot 21.30 uur veel warmer was. Als deze zakt, zakt ook de temperatuur boven de planten en stijgt de RV. Na het uit zetten van de Nivolator in de proefkas gaat daar de buistemperatuur omhoog en stijgt ook de temperatuur in het gewas naar dezelfde waarden als de referentie, terwijl de RV stabiel blijft. De buistemperatuur kan dus ook de factor zijn die de temperatuur en daarmee de RV heeft veranderd. Waarom de buis warmer is geworden na het uitzetten van de Nivolatoren is nog niet helemaal duidelijk. Verder valt op dat na 3.00 uur (licht aan) de condities in het gewas niet meer afhangen van de buis en zowel temperatuur als RV geen verschillen meer vertonen. Als een gewastemperatuur van 8 graden gewenst is, zou een buistemperatuur van 30 graden voldoende zijn in de proefkas bij deze buitentemperaturen en uitstraling. Relatie met schermopening

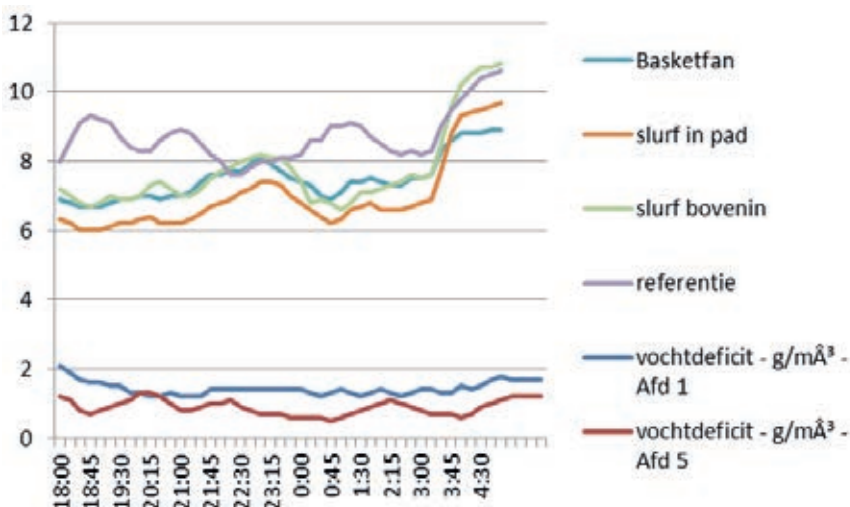
Ook de schermkier heeft duidelijk invloed. Tot 23.30 uur is het doek in de proefkas volledig gesloten. Na het trekken van een kier daalt de temperatuur van het gewas. Hetzelfde geldt voor de kieren in de referentieafdeling. De RV daalt ondanks het zakken van de temperatuur ook. Dat duidt er op dat er toch te weinig ontvochtigd werd. De buitenluchttoevoer was op dat moment helemaal niet actief omdat de RV in de meetbox beneden 86% was. Het verschil in klimaat bij de meetbox en tussen de planten is dus heel duidelijk aanwezig.



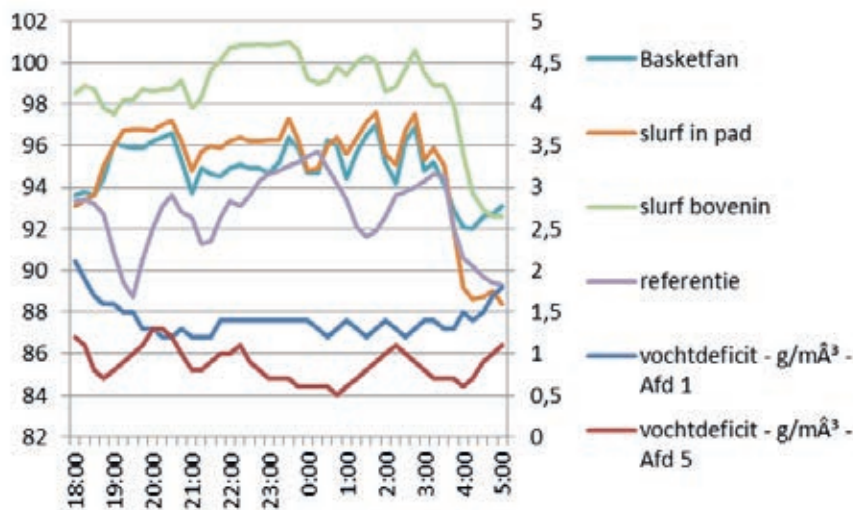


### Relatie met vochtdeficit

Tussen het vochtdeficit gemeten in de geventileerde meetboxen en de metingen tussen het gewas zit in de proefafdeling weinig relatie. In de referentieafdeling wel. Ook weer een teken dat de temperatuur tussen het gewas een belangrijke rol speelt. Opvallend is nog wel dat het VD in de proefkas iets omhoog gaat na het uitzetten van de ventilatoren. Let wel, dat is gemeten in de meetbox.







## Conclusie

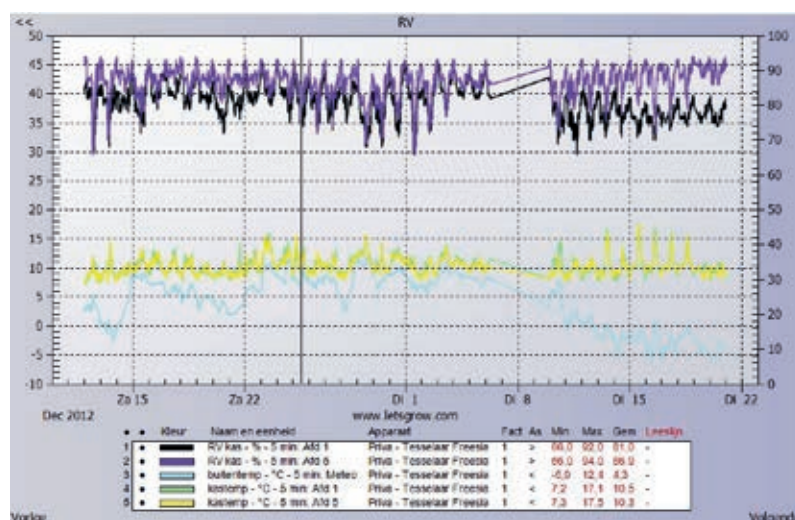
Het uitzetten van de Nivolator heeft direct of indirect positieve invloed gehad op de temperaturen en de RV tussen de planten in de proefkas. Ook is duidelijk dat zowel de buistemperatuur als de schermkier een grote invloed hebben. Waarschijnlijk wordt het zo koud tussen de planten omdat het schermdoek erg koud wordt waardoor de planten door stralingsverliezen kouder worden dan de omringende lucht. Bovendien blazen de Nivolatoren ook nog eens de koude luchtlaag net onder het scherm het gewas in. Theoretisch zou een beter isolerend schermdoek de beste en goedkoopste oplossing zijn. De uitstraling van de planten naar de koude hemel is dan verdwenen en ook de verticale temperatuurverschillen worden dan kleiner. Overwogen zou kunnen worden om een verduisteringsdoek aan te schaffen omdat dit een hoge isolatiewaarde in een doeklaag oplevert.

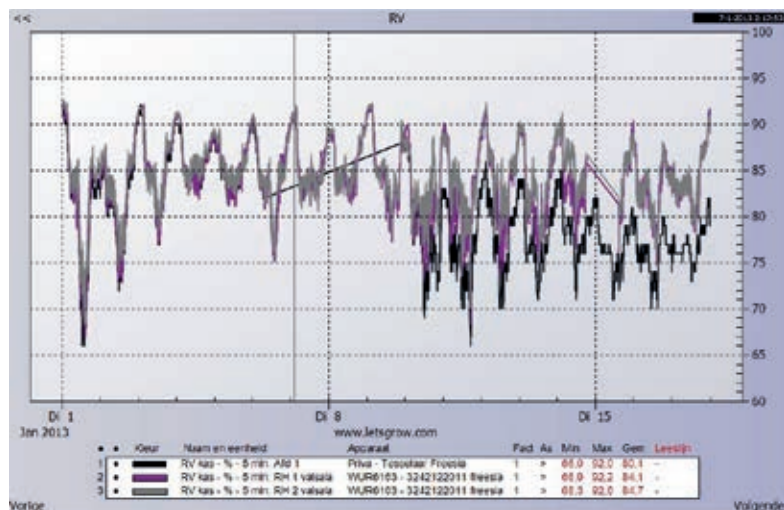
De tweede oplossing is om toch meer buiswarmte in te zetten, gecombineerd met het zo gesloten mogelijk houden van het doek en maximaal te ontvochtigen via de slurven. Hoe hoog die buistemperatuur zou moeten zijn kan eigenlijk alleen bepaald worden op basis van een meting van de gewastemperatuur. Dat kan met een infrarood camera of door het omlaag brengen van de meetbox, maar dat laatste is gevaarlijk omdat dan ook de vochtregeling op basis van die meetbox zou moeten. Zo dicht tussen het gewas gaat dat zeker niet goed werken.

Voorlopig is mijn voorstel om bij gesloten scherm, licht uit en een buitentemperatuur lager dan 5 graden een minimum buis in te zetten van 25 graden en goed te volgen met onze temperatuurmeters tussen het gewas wat er dan gebeurt. Omdat er nu vooral ervaring is met klimaatregelen met Nivolatoren die aan staan zou ik daar niets aan willen wijzigen. Wel kunnen we weer een keer een proef doen als het buiten koud is wat er gebeurt als we de Nivolatoren uit zetten.

## Periode december 2012-januari 2013

De installatie heeft maar weinig gedraaid. De RV in de meetbox was bijna altijd beneden 86%.

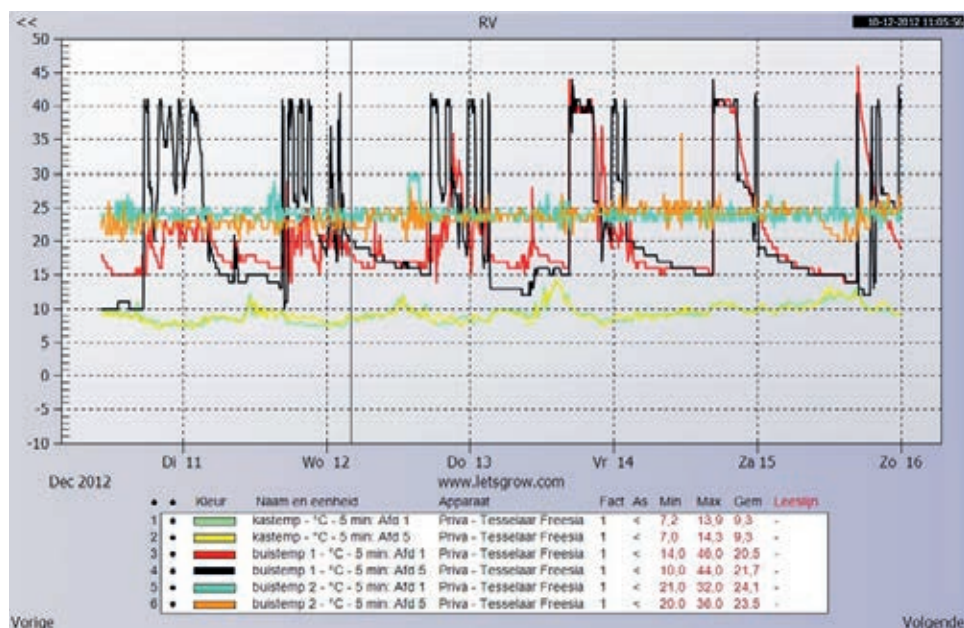




In afdeling 5 was de RV vrijwel altijd hoger. In beide afdelingen was de temperatuur gelijk. Wat opvalt is dat de RV sensor in afd. 1 na 10 januari een lagere waarde aangeeft dan ervoor. Wij hebben dat vergeleken met onze meetboxen en dan ontstaat het volgende beeld:

Er is dus een duidelijk lagere meting, het scheelt 7-8%. Dat heeft wel invloed op de vochtregeling via de schermen en de ramen, maar in dit geval wordt er dus minder vocht afgevoerd via die weg. De luchtblaasinstallatie heeft een eigen RV sensor en die heeft wel goed aangegeven.

Na de vorige bijeenkomst op 12 december heeft Tesselaar de gewasbuizen een hogere temperatuur gegeven zoals blijkt uit het volgende plaatje:



De buizen in beide afdelingen lopen nu gelijk op en dat betekent dat er via die weg geen energie wordt bespaard. En elke keer als de luchttoevoer wordt gestart zal er juist extra energie worden toegevoerd die dan gebruikt wordt om een hogere vochtafvoer te realiseren.

Van de Nivulator hebben wij geen beeld, maar volgens Tesselaar is deze uit gezet bij koude nachten. Sinds de vorige vergadering is er volgens Tesselaar veel minder botrytis waargenomen en is de gewasstand prima.



## Klimaat tussen het gewas

De installatie heeft maar weinig keren gedraaid, dus was het moeilijk om een beeld te krijgen van het klimaat tussen het gewas met en zonder buitenlucht inblazen. Na een uur draaien zal er nog geen stabiel evenwicht zijn tussen verdamping en vochtafvoer. Daarom hebben de volgende grafieken slechts beperkte waarde.

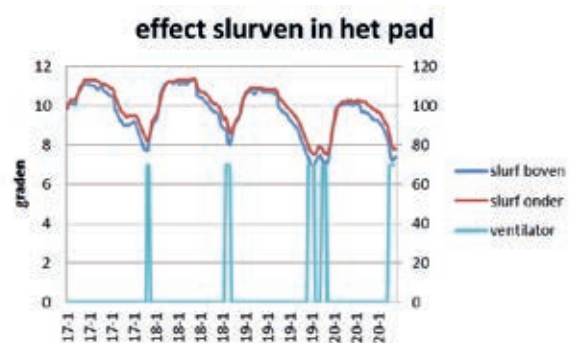
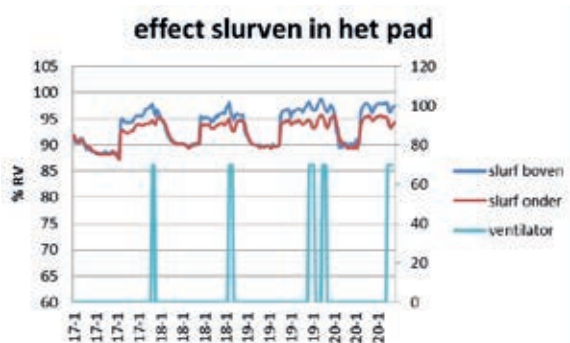


Het verschil tussen de proefkas en de referentie na het aanzetten van de gewasbuizen na 12 december is vooral terug te vinden in de meting van de temperatuur bovenin het gewas. De hogere RV bij de slurf na 12 december komt waarschijnlijk door meer gewasverdamping.

De installatie heeft gedurende deze periode toch niet ontvochtigd omdat de RV in de meetbox goed was.



In januari waren de verschillen tussen proef en referentie hetzelfde. De temperatuur is onderin het gewas het hoogste. Des te opvallender is dan dat de RV bij de referentie onderin het hoogste is en bij de proefafdeling niet. Dat kan niet aan de slurf liggen, want die was niet aan.



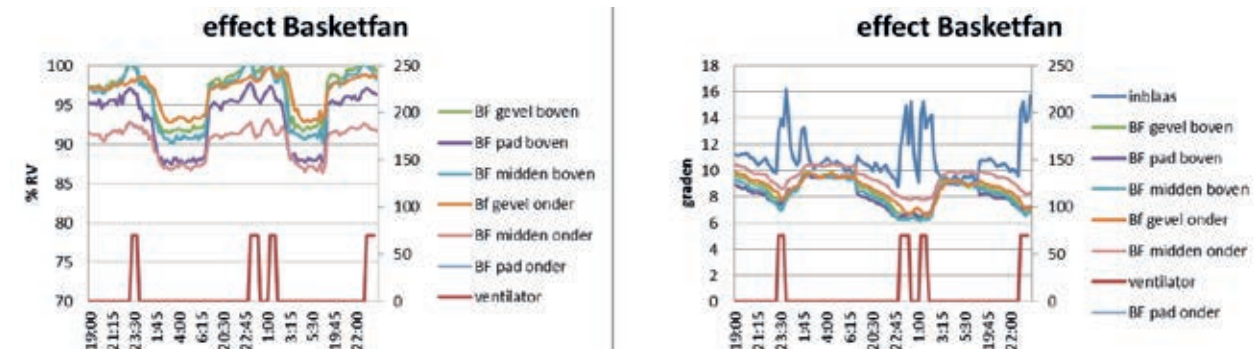
In de situatie dat ze wel aan staan daalt de RV tussen het gewas wel. Vreemd genoeg zakt ook de temperatuur. Dat kan niet aan de inblaasttemperatuur liggen want die is 4-5 graden warmer dan de kaslucht. Maar het kan wel liggen aan het feit dat in de slurf de lucht afkoelt aan koudere lucht in het pad.

Bij de slurf boven het bed ontstaat het volgende beeld:



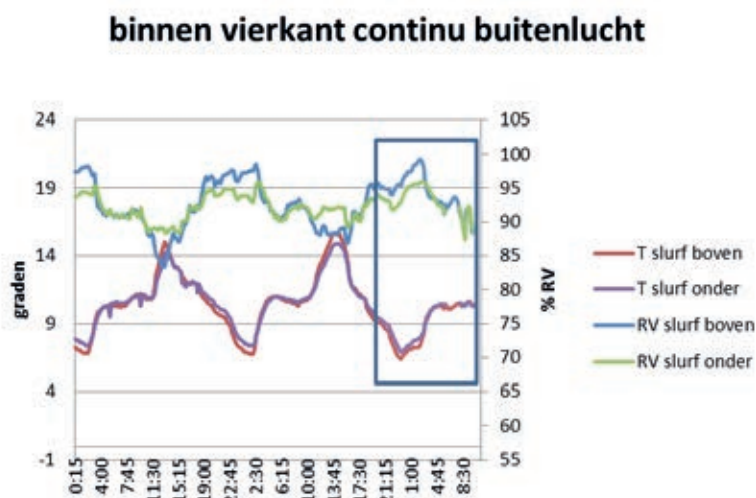
Ook hier zakken tijdens het blazen zowel de RV als de temperatuur in het bed. De metingen naast de Nivulator die 5m van de uitblaas van de slurf af hangt laten een vreemd beeld zien. De hoge temperatuur en de lage RV die uit de slurf stroomt zijn daar niet meer terug te vinden. Waarschijnlijk stond de Nivulator uit.

Tot slot de Basketfans:



Hier is opvallend dat de RV stijgt na het aanzetten van de ventilator. Dat valt wel te verklaren door de gelijktijdige daling van de temperatuur in het gewas. Dat kan niet liggen aan de inblaas temperatuur aan de gevel want die is 5 graden hoger. Nu was het wel zo dat de installatie gaat werken aan het einde van een periode waarin de temperatuur al langere tijd aan het zakken was. Het lijkt erop dat de Basketfan die daling nog wat versterkt tussen het gewas.

Omdat de installatie erg weinig heeft gedraaid is afgesproken om tijdelijk, sinds 23-1, de RV op 80% te zetten. De afgelopen nacht betekende dit dat de installatie continu gedraaid heeft. Dat had het volgende resultaat:

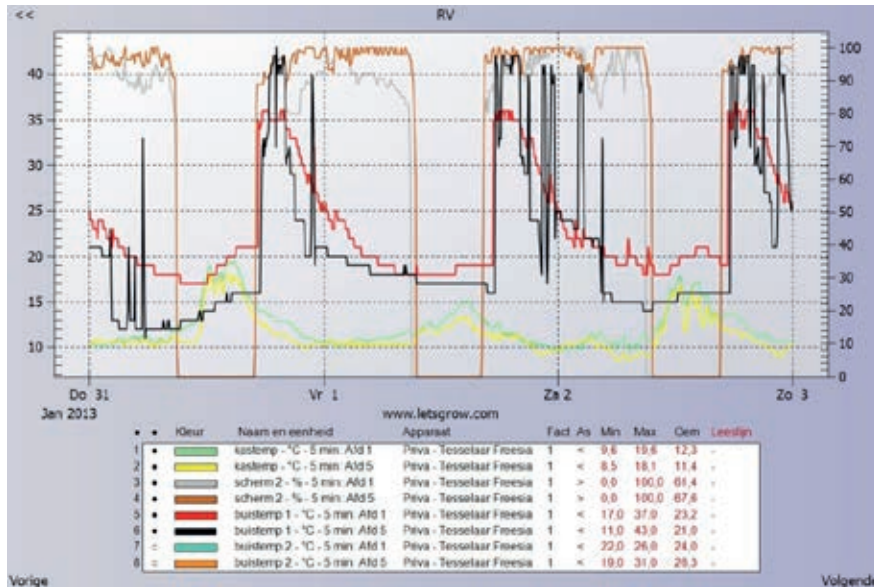


Echt veel verschil is er niet te zien.

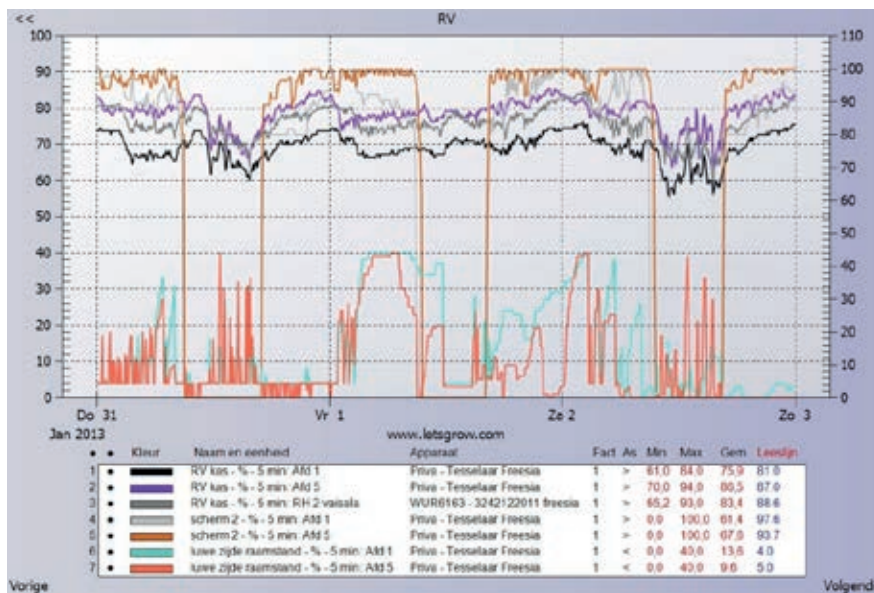
## Periode 25 jan tot 4 april 2013

### Kasklimaat

De strategie om meer buis in te zetten bij een lagere buitentemperatuur dan 5 graden is ook in deze periode aangehouden. Tussen 31 januari en 3 februari leverde dat het volgende beeld op:



NB: in afdeling 1 meer licht dan in afdeling 5.



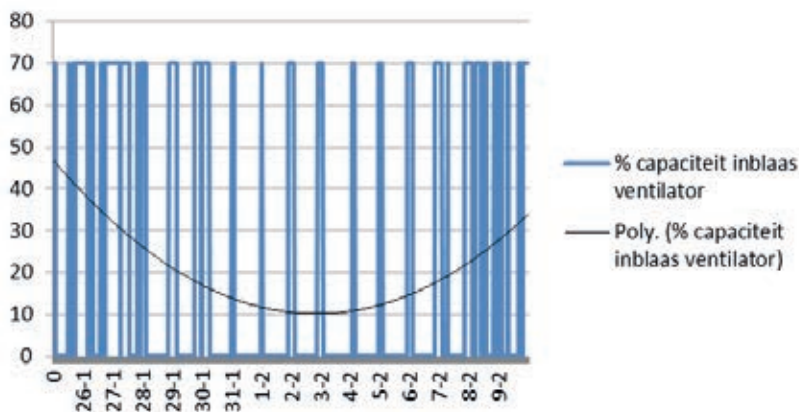
De verschillen in buistemperaturen waren klein, maar de RV in de proefafdeling was iets lager dan in de referentie. De RV meting van Tesselaar in afd. 1 gaf te laag aan, vandaar dat de Vaisala meetbox is gebruikt ter vergelijking. Vanaf 15 februari was de meetbox van Tesselaar weer in orde, maar op 23 februari is gestoomd en was de proef ten einde.

### De buitenluchttoevoer

Door klachten over geluidsoverlast door een buurman is de maximale ventilatorcapaciteit beperkt tot 70%. Over de periode 25 jan tot 10 februari is vrijwel dagelijks een beperkt aantal uren buitenlucht toegevoerd. Daarna is de installatie uitgezet.

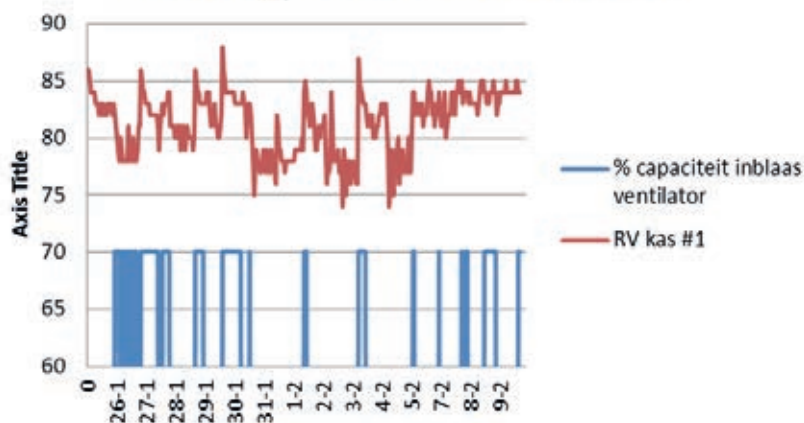


### % capaciteit inblaas ventilator gehele dag



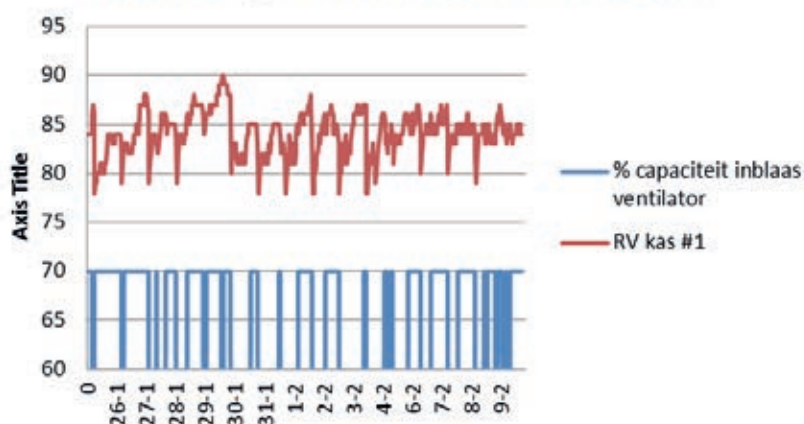
Er valt onderscheid te maken tussen de niet belichte periode (18.00 tot 2.30 uur) en de belichte periode (2.30 tot 8.00 uur).

### Ontvochtigen tussen 2.30 en 8.00 uur



Met licht

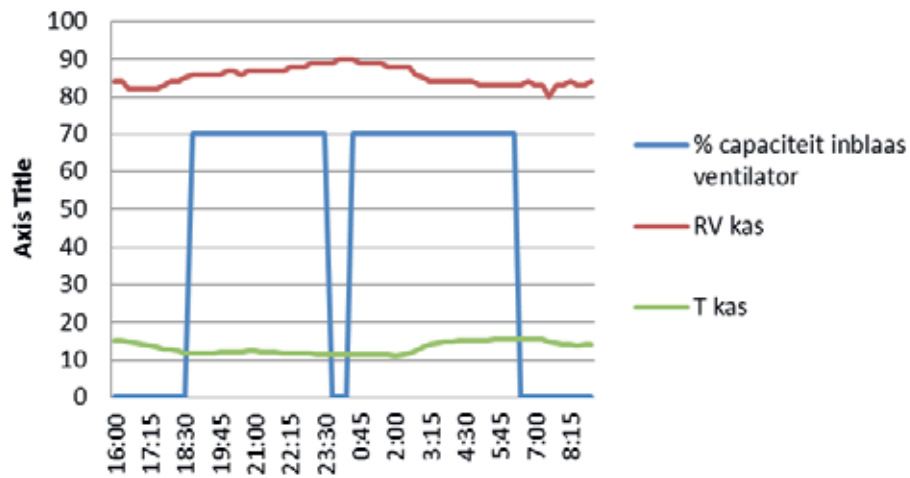
### Ontvochtigen tussen 18.00 en 2.30 uur



Zonder licht

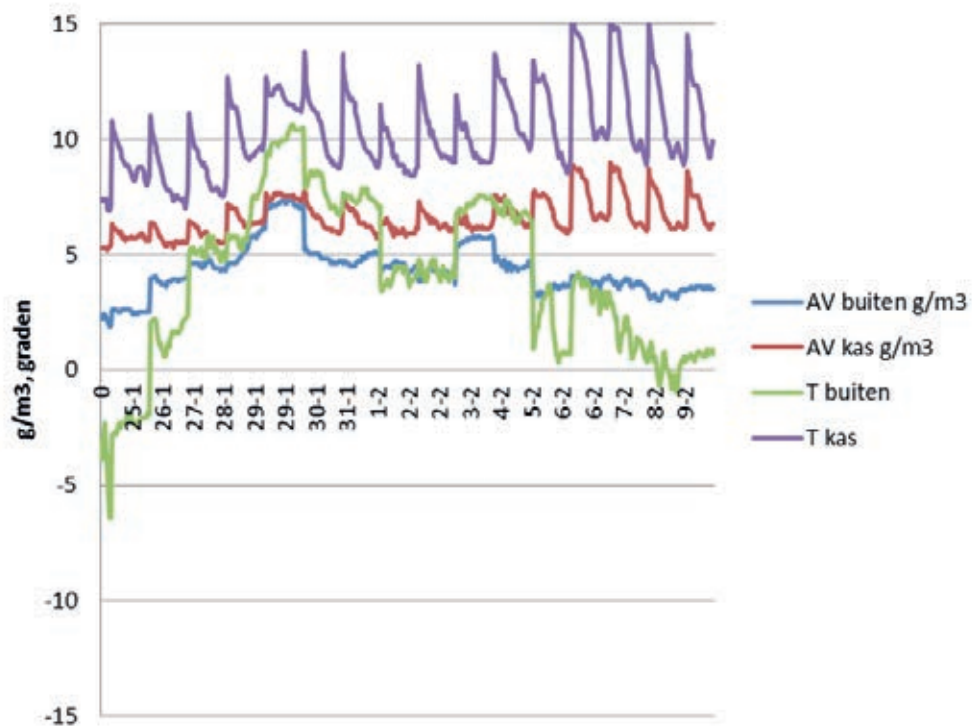
Er wordt minder vaak buitenlucht toegevoerd als het licht aan is en de RV is dan ook wat lager. Zoals te zien is in de volgende Figuur komt dat mede doordat de kastemperatuur bij belichting stijgt.

## Ontvochtigen 29-30 januari

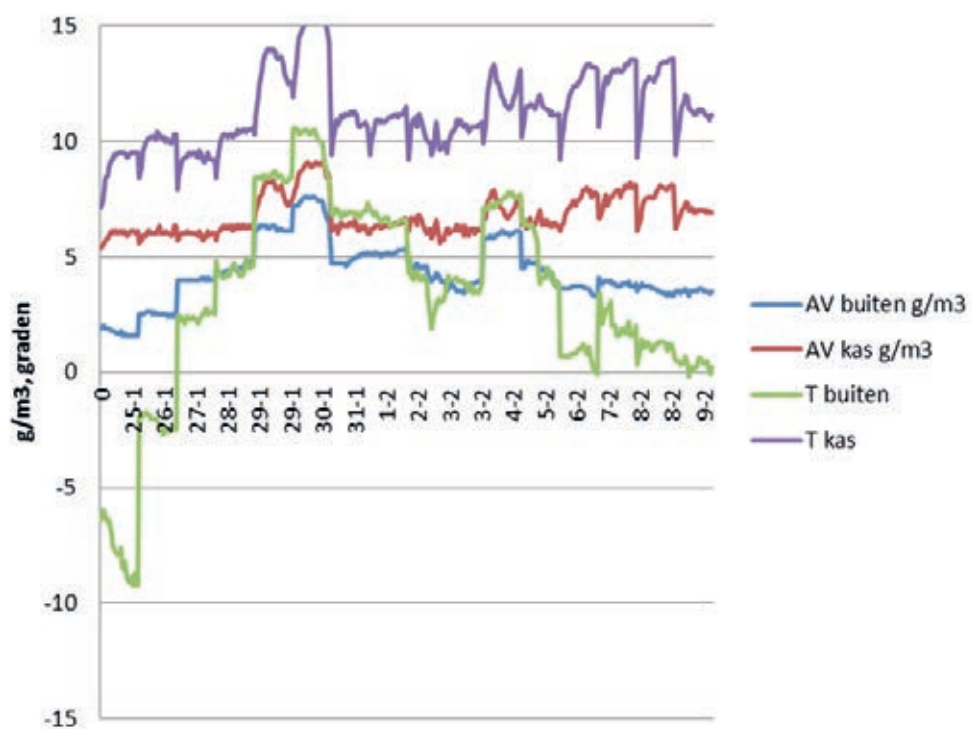


Wat opvalt is dat er tussen de niet en wel belichte periode relatief weinig verschil zit in absoluut vochtgehalte van de kaslucht.

## Absoluut vocht tussen 18.00 en 2.30 uur



## Absoluut vocht tussen 2.30 en 8.00 uur



Op 29 januari loopt de buitentemperatuur op en stijgt de kastemperatuur mee. Dat levert onmiddellijk een verhoging van het absoluut vocht op.

## Microklimaat

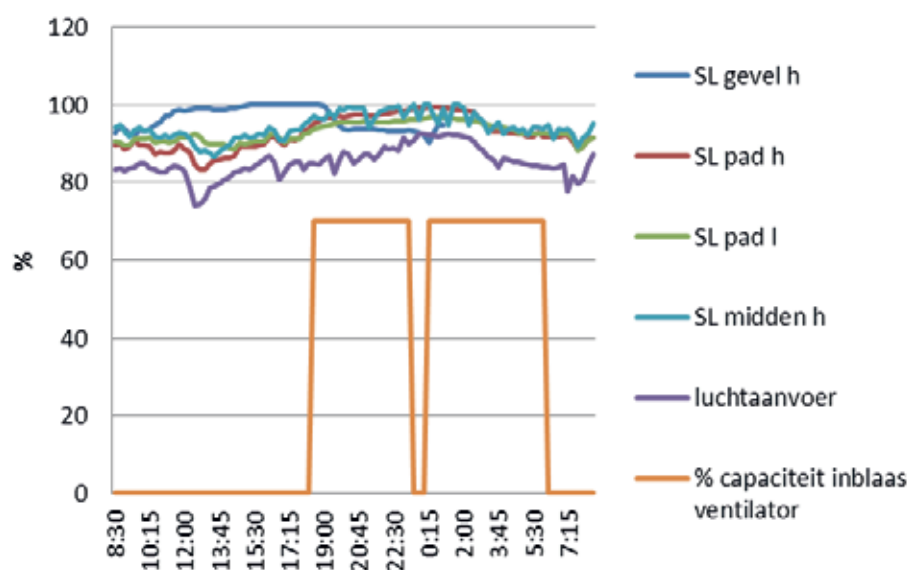
Er zijn twee karakteristieke dagen weergegeven voor de slurf in het pad. Voor de tweede dag zijn alle systemen naast elkaar gezet.

SL= slurf in het pad, BovenSL= slurf bovenin, BF= basketfan

l= tussen het bladpakket

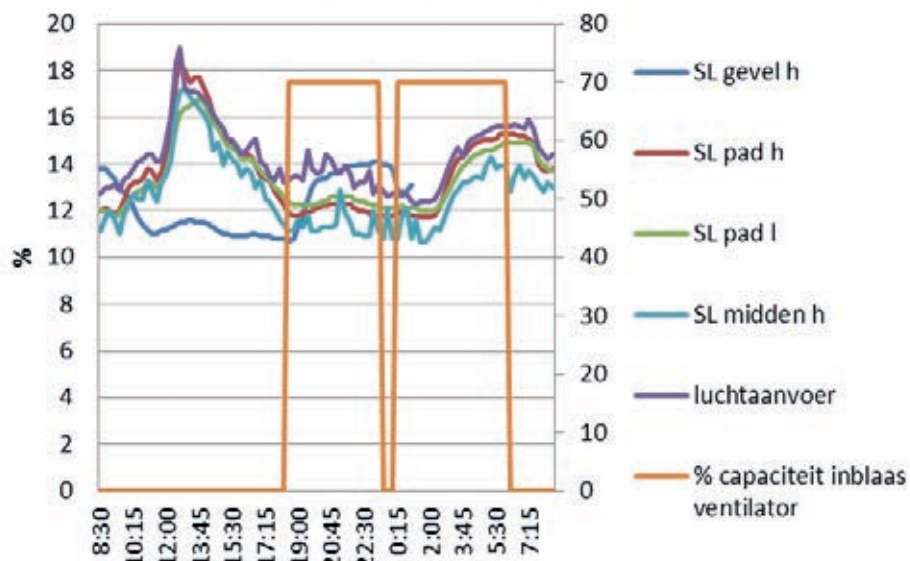
h= knophoogte

## Slurf in pad: RV tussen gewas 29-30 januari



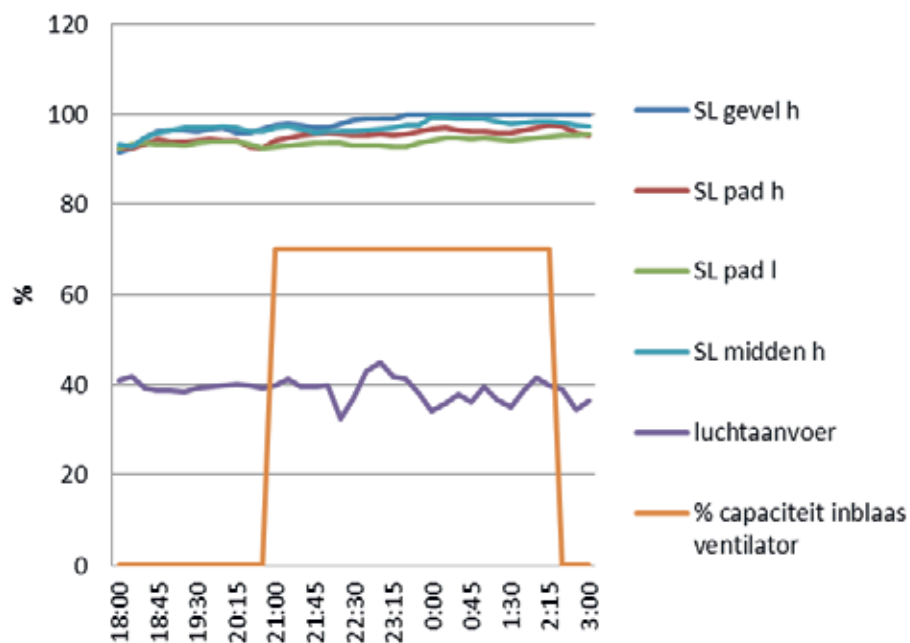


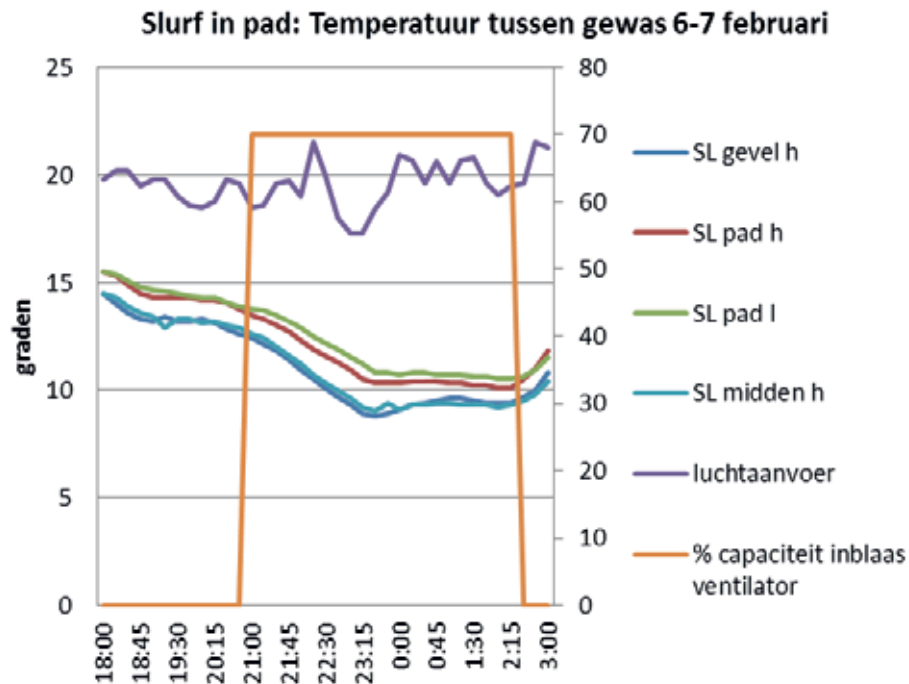
**Slurf in pad: Temperatuur tussen gewas 29-30 januari**



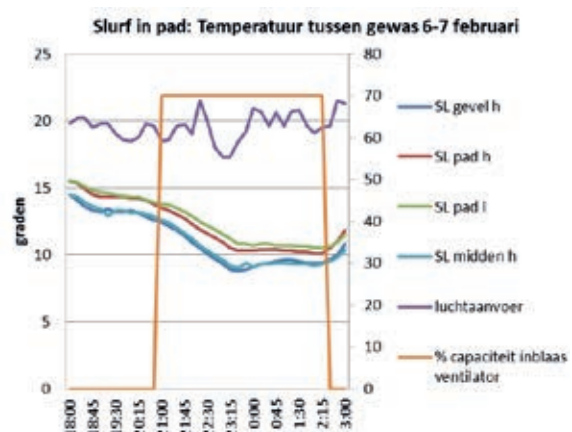
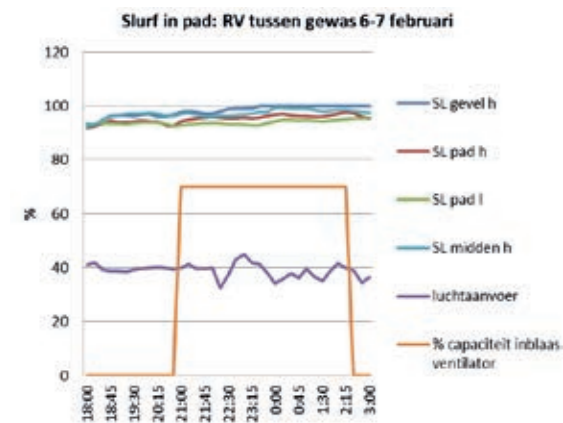
Eigenlijk is er nauwelijks effect zichtbaar van het inblazen van buitenlucht. Dat komt ook wel omdat de RV van de ingeblazen lucht nauwelijks lager is dan de kaslucht.

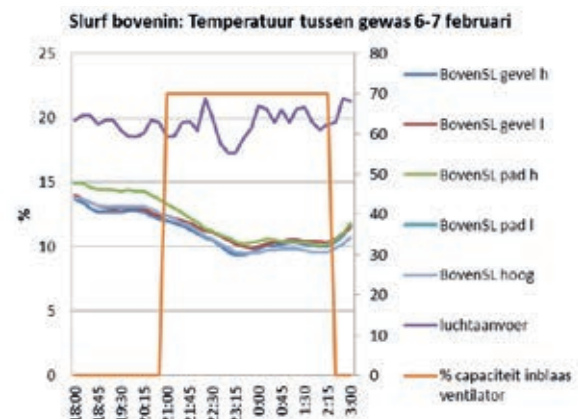
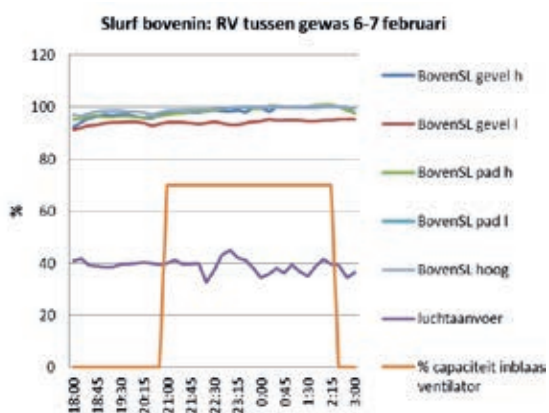
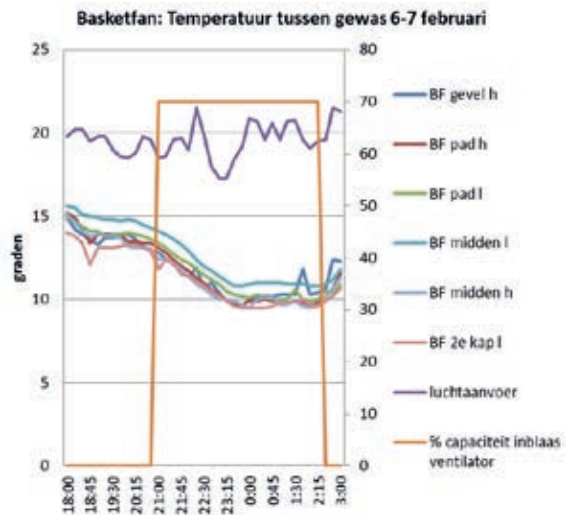
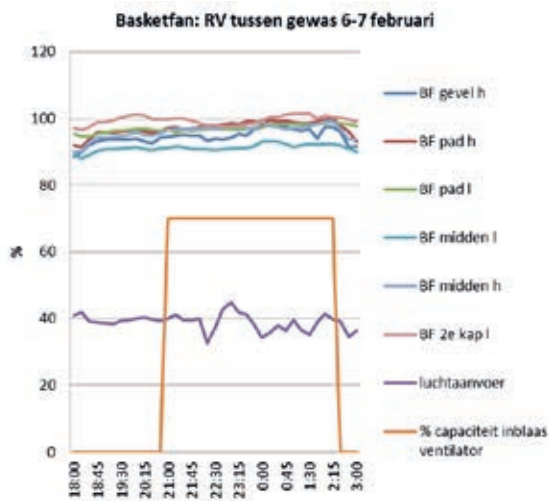
**Slurf in pad: RV tussen gewas 6-7 februari**





Ook op deze dag is het effect nauwelijks zichtbaar. De ingeblazen buitenlucht heeft wel een lagere RV dan de kaslucht, maar is ook veel warmer. Dat kwam omdat de vorstbeveiliging de warmtewisselaar op een verhoogde temperatuur hield. Na afkoeling van die ingeblazen buitenlucht van 20 naar 10 graden stijgt volgens het Mollier diagram de RV van de ingeblazen lucht van 40% naar 75%. Vandaar dat er ook zo weinig effect zichtbaar is. In termen van absoluut vocht bevat de kaslucht  $9,0 \text{ g/m}^3$  en de buitenlucht  $7,9 \text{ g/m}^3$ . Om bijvoorbeeld  $25 \text{ gram/m}^2$  per uur verdamping af te voeren zou er  $25/(9,0-7,9) = 22,7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$  buitenlucht toegevoerd moeten zijn. In werkelijkheid was er ongeveer  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$  zodat er slechts  $3,3 \text{ gram/m}^2/\text{uur}$  werd afgevoerd.





De Basketfan levert de laagste RV in het gewas op, maar het is helaas alleen een lokaal effect, in het midden van de kap. Duidelijk is ook te zien dat de “warme” buitenlucht vooral daar terecht komt. Verder valt op dat de slurf boven het gewas de meest egale temperatuurverdeling levert. Bij de slurf in het pad is het duidelijk zichtbaar dat de “warme” buitenlucht in het eerste stuk van de slurf de meeste warmte afgeeft. De slurf boven het gewas laat het dus veel meer toe om met een te lage of te hoge uitblaas temperatuur te werken dan de slurf in het pad of de basketfan.

## Conclusies

De inzetbaarheid van de buitenlucht toevoer is bij de freesierteelt in de winter zeer beperkt omdat het verschil in absoluut vocht tussen kas en buitenlucht erg klein is. Eigenlijk moet een veel groter luchtdebiet worden toegepast om voldoende vocht af te voeren maar dan moet er zoveel warmte aan die buitenlucht worden toegevoerd dat het veel meer energie zou kosten dan de maatregel die nu is toegepast, namelijk het uitzetten van de Nivolatoren wanneer het buiten koude ris dan 5 graden en het iets verhogen van de temperatuur van het buizenet langs het gewas. Deze maatregel kost weinig energie en heeft een positief effect gehad op het voorkomen van botrytis.

Vanwege de vorst moesten de warmtewisselaars in de gevel met een minimum aanvoertemperatuur van 20 graden worden gevoed, waardoor de buitenlucht er vaak te warm uitkwam. De slurf boven het gewas zorgt ervoor dat die te warme lucht op gewasniveau niet meer terug te vinden is. De Basketfan blaast die warme lucht naar het midden van de kas en bij de slurf in het pad is de lucht tussen de planten bij de gevel het warmst en verderop kouder.

## Bijlage III Botrytis aantasting in de winter

In de afdeling met de buitenluchtaanzuiging systemen (afd. 1) en de referentie afdeling (afd. 5) is de mate van Botrytis aantasting bij steeds dezelfde planten gevolgd (zie tabel). Op 12-12-2012 werd er blauwverkleuring van het gewas geconstateerd en enkele planten waren toen al vrij ver aangetast. De mate van Botrytis in de referentie afdeling was ongeveer vergelijkbaar tot iets hoger dan in de afdeling met buitenluchtaanzuiging. Bij metingen aan de planttemperatuur op 12-12-2012 kwam naar voren dat bij de toen heersende lage buitentemperatuur, de planttemperatuur in de afdeling met buitenluchtaanzuiging nogal wegzakte en dat dat waarschijnlijk de oorzaak was van de Botrytis problemen (bij de lage teelttemperatuur van Freesia, kan planttemperatuur dan al heel snel onder dauwpunttemperatuur zakken). Toen is geadviseerd om bij lage buitentemperatuur meer buisverwarming in te zetten en de nivolutoren uit te zetten < 5 graden buitentemperatuur om te voorkomen dat koude lucht van onder het koude scherm in het gewas geblazen werd. Na verandering van deze klimaatacties, is het Botrytis probleem tot stilstand gekomen. Er zijn ook geen / nauwelijks breekstelen gezien. In de referentie afdeling zijn pas wat later aanpassingen in het klimaat doorgevoerd om de Botrytis te verminderen. Het verschil in Botrytis in afdeling 1 en 5 is waarschijnlijk een gevolg van het verschil in tijdstip van doorvoeren van de klimaatacties in beide afdelingen.

*Tabel Overzicht Botrytisvorming bij het ras Ambassador in het onderzoek naar het HNT Freesia bij Tesselaar.*

		<p><i>Foto 12-12-2012: In afdeling 1 met het HNT Freesia begin blauwverkleuring blad (links), enkele planten dan al ver aangetast (rechts). Referentie-afdeling 5 vergelijkbaar tot iets meer Botrytis aanwezig?.</i></p>
		<p><i>Foto 20-12-2012: In afdeling 1 met het HNT neemt blauw verkleuring niet toe na actie met buis (links), rechts blauwverkleuring blad in referentie-afdeling 5.</i></p>



		<p>Foto 3-1-2013: In afdeling 1 met het HNT telen neemt de bladverkleuring niet toe, stelen groeien nog door (links), in referentie-afdeling 5 komt Botrytis niet tot stilstand (rechts).</p>
		<p>Foto 10-1-2013: In afdeling 1 met het HNT blijven de bladeren blauw, Botrytis staat stil (links), in referentie-afdeling 5 staat blauw verkleuring ook stil, Botrytis neemt echter toe (rechts).</p>
		<p>Foto 17-1-2013: afdeling 1 met het HNT Freesia.</p>



*Foto 25-1-2013: In afdeling 1 met het HNT is blauwverkleuring en Botrytis niet toegenomen (links), in referentie-afdeling 5 staat Botrytis niet stil en is een toename zichtbaar (rechts).*



*Foto 31-1-2013: In afdeling 1 met het HNT is de blauwverkleuring en Botrytis niet toegenomen (links), in referentie-afdeling 5 wel toename botrytis (rechts).*





*Foto 14-2-2013: in afdeling 1 met het HNT is de blauwverkleuring en Botrytis niet toegenomen (links en midden), in referentie-afdeling 5 uitval door Botrytis (rechts).*

## Bijlage IV    Achtergrond informatie grauwe schimmel

(Onderstaande informatie is afkomstig uit: IJdo *et al.* 2011)

De grauwe schimmel *Botrytis cinerea*, kortweg aangeduid als Botrytis, is een ziekteverwekkende schimmel die een brede waardplantenreeks heeft. Alle bovengrondse delen zijn gevoelig voor aantasting: stengels, blad, bloemen en vruchten. Bij de siergewassen zijn de bloemen het gevoeligste onderdeel van de plant. Niet alleen tijdens de teelt, maar vooral in de naoogst kunnen grote verliezen optreden door Botrytis-infectie. De directe schade bij snijbloemen onder glas wordt geschat op 10 miljoen euro.

De sporen van Botrytis komen door de brede waardplantenreeks bijna overal voor. De eerste infecties in een kas met substraatteelt beginnen meestal door sporen die van buitenaf komen. Daarna wordt het verloop van de sporendruk bepaald door geïnfecteerde plantendelen tijdens de teelt. Bij grondgebonden kasteelten kunnen infecties ook beginnen vanuit overlevingsstructuren (sclerotia) die op afstervende plantenresten zijn overgebleven.

Aanwezigheid van vocht is een vereiste voor kieming van sporen. Dit kan als vrij water (condensdruppels) op het plantmateriaal aanwezig zijn of in de atmosfeer bij een vochtdeficiet  $< 2,5 \text{ g/m}^3$  (relatieve vochtigheden boven 87%). Eénmaal in het weefsel is schimmeligroei afhankelijk van de waterpotentiaal in het weefsel. Pas nadat de kiembuis uitgegroeid is, zal de schimmel voedingsstoffen kunnen opnemen uit de omgeving. Onder optimale condities kan het kiemingsproces binnen 1-3 uur plaatsvinden en zijn er binnen 6 uur infectiestructuren gevormd (appresoria) die voeding uit de plantencel onttrekken. De aanwezigheid van voedingsstoffen (koolstof, stikstof en fosfaat) zorgen voor een versnelde ontwikkeling van sporen. De sporen kunnen binnen een brede temperatuursrange kiemen van  $0^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$  graden met een optimum tussen  $18\text{--}23^{\circ}\text{C}$ . Boven  $30^{\circ}\text{C}$  is geen groei meer mogelijk.

Gekiemde sporen zijn gevoelig voor stress, vooral net voordat het blad geïnfecteerd kan worden. Gekiemde sporen kunnen dood gaan als de vochtperiode onderbroken wordt. Hoe lang deze periode precies moet zijn is niet bekend. Heeft de spore eenmaal een stevig schimmelnetwerk in het plantmateriaal opgebouwd dan heeft een droogteperiode weinig effect en ontwikkelen de sporendragers zich gewoon weer opnieuw.

Meestal opereert Botrytis als een 'gelegenheidsdief' en komt deze binnen via wondweefsel. Planten met een gezonde afweer worden niet snel geïnfecteerd door Botrytis. In de meeste gevallen begint een Botrytis infectie saprofytisch op dode, afstervende en verouderende cellen. Deze vormen een ideale voedingsbodem met voldoende vocht en weglekkende voedingsstoffen. Van hieruit is de schimmel wel in staat om aangrenzende gezonde cellen te infecteren en de plantafweer te omzeilen.

Bij het infectieproces spelen pectine-afbrekende enzymen (pectinases) een belangrijke rol. Hierdoor is de schimmel in staat om gezond plantenweefsel binnen te dringen. Vruchten en bloemen zijn gevoeliger voor infectie dan bladeren en stengels, omdat de celwanden makkelijker door de pectinases van Botrytis worden afgebroken.

De sporendruk kan worden opgebouwd door fluctuaties in de temperatuur en de luchtvochtigheid. Door een snelle verlaging van de luchtvochtigheid in combinatie met de stijging van de temperatuur in de vroege ochtend laten sporendragende organen de sporen los. De sporen worden vooral door de lucht en soms ook door waterdruppels (bijvoorbeeld condenswater van geïnfecteerde bladeren) en insecten verspreid. Bij aanwezigheid van hoge sporenaantallen is de kans op infectie groter dan bij een lage sporendruk.



## **Bijlage V      Relevante informatie over Anjer uit de inventarisatie voor HNT alstroemeria.**

### **Componenten teeltconcept**

Aan de hand van een deskstudie en in samenspraak met experts is een energiezuinig teeltconcept ontworpen voor snijbloemen met een lage warmtebehoefte. Hierin is gebruik gemaakt van temperatuurintegratie, schermstrategie, luchtcirculatie en luchtbevochtiging als energiebesparende componenten. Bij Alstroemeria, Freesia en anjer zijn substraatteelt en een ander type bodemkoeling ook toegepast als componenten waarop energie te besparen is. Het ontwikkelde energiezuinige teeltconcept is opgebouwd vanuit de volgende aspecten;

#### **Temperatuurintegratie**

Temperatuurintegratie zal worden gebaseerd op de koppeling tussen temperatuur en lichtsom. Zowel positieve als negatieve DIF zal worden toegestaan, afhankelijk van het buitenklimaat.

#### **Schermen**

Er wordt een dubbel scherm toegepast. In de schermstrategie wordt het optimum gezocht tussen energie besparen en groeilicht toelaten.

#### **Luchtcirculatie**

Luchtcirculatie wordt gegenereerd door onderin het gewas lucht te blazen via slangen. Vanwege de dichtheid van het gewas is dit meer geschikt dan verticale ventilatoren. Deze lucht is buitenlucht welke is opgewarmd tot kasttemperatuur, omdat deze droger is dan de kaslucht. De regeling is gebaseerd op de warmtevraag.

In deze fase is berekend of gekoelde lucht inblazen extra energievoordeel oplevert. Vanwege de lage warmte tolerantie van betreffende snijbloemgewassen, is kwaliteitsverbetering te verwachten van luchtkoeling gedurende een groot deel van de zomer. Afhankelijk van de energiebesparing die uit de berekeningen van deze fase naar voren zijn gekomen, is bepaald of luchtkoeling ook mee zal worden genomen in fase 2: de kasproef.

#### **Luchtbevochtiging**

Luchtbevochtiging zal plaatsvinden via verneveling bovenin de kas.

#### **Substraatteelt**

In de berekeningen is uitgegaan van de situatie met teelt in de grond en de situatie van teelt op substraat, afhankelijk van het gewas. Anjer wordt bijna niet meer in de volle grond geteeld, dus deze zal alleen voor de substraatsituatie worden berekend. Alstroemeria, amaryllis en Freesia zijn voor beide situaties doorgerekend.

#### **Warmtepomp en aquifers**

Extra energiebesparing is berekend door gebruik van een warmtepomp en aquifers. Hiermee wordt laagwaardige warmte en koude beter benut. Bij Alstroemeria, Freesia en amaryllis kan een warmtepomp de koelmachine vervangen, waardoor de bodem energiezuiniger gekoeld kan worden.

### Referentieteelt Anjer

- Geen assimilatiebelichting, wel stuurlicht.
- Ondernet, geen temperatuurintegratie
- Enkel scherm (SLS 10 ultra). Bij jong gewas (<half jaar) ook een anticondensfolie 2 meter boven het gewas.
- Geen luchtcirculatie via verticale ventilatoren of luchtslangen.
- Geen vernevelinginstallatie
- Teelt op substraat
- Geen bodemkoeling
- Geen warmtepomp. Koelmachine n.v.t.

### Analyse HNT Anjer

De referentie voor de anjerteelt geeft in de winter een stooktemperatuur van 11 °C die langzaam oploopt naar 16 °C in de zomer. Bovendien is de buistemperatuur begrensd op 45 °C, waardoor de temperatuur in de winter regelmatig onder die 11 °C uitzakt, maar het energieverbruik beperkt. De referentie anjerteelt wordt niet belicht en er wordt geen minimum buis gebruikt. In het nieuwe teeltconcept is uitgegaan van etmaal temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2 °C. Verhoging van de RV setpoint van 85% naar 90% gaf bijna geen energiebesparing. Als de verdamping van een anjergewas in werkelijkheid hoger ligt dan is aangenomen in deze berekeningen, zou deze besparing iets hoger kunnen liggen. De combinatie van deze factoren geeft in anjer een energiebesparing van een kleine 25%. Door het gebruik van ventilatoren voor luchtbeweging, moet opgemerkt worden dat hierdoor het elektraverbruik met 4 kWh/m<sup>2</sup> jaar<sup>-1</sup> stijgt. Vanwege het ontbreken van belichting en bodemkoeling in de gemiddelde anjerteelt, is het elektriciteitsverbruik in anjer buiten beschouwing gelaten.

Tabel 8. Anjer.

Componenten aardgas	Verbruik referentieteelt (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> jaar <sup>-1</sup> )	verbruik nieuwe teeltconcept (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> jaar <sup>-1</sup> )	Absolute besparing (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> jaar <sup>-1</sup> )	Relatieve besparing t.o.v. totaal verbruik referentie (%)
Referentie	16.1			
Temperatuurintegratie	-	13.6	2.5	15.5
Negatieve DIF	-	14.5	1.6	9.9
RV setpoint verhoging mogelijk vanwege luchtcirculatie	-	nihil		
Dubbel scherm	-	14.9	1.2	7.5
Temperatuurintegratie + dubbel scherm	-	12.5	3.6	22.4
Temperatuurintegratie+dubbel scherm + RV setpoint verhoging vanwege luchtcirculatie	-	12.1	4	24.8
<b>Totaal aardgas</b>		<b>12.1</b>	<b>4</b>	<b>24.8</b>

### Perspectieven HNT Anjer

Bij anjer is vooral in het najaar de RV moeilijk te beheersen. Deze is vaak lange tijd boven de 90%. Hierdoor is de overgang in het voorjaar groot, waardoor bladpunten kunnen ontstaan. In het najaar wordt veel gelucht om het vocht af te voeren, maar als het regent is dit niet mogelijk. Het vocht in de kas loopt dan te ver op. Ervaring van een aantal telers is dat een temperatuurverlaging naar 5 °C in plaats van 10 °C in de winter snelheid kost, maar dat deze snelheid in het vroege voorjaar voor een groot deel terug te winnen is door op dat moment een hogere temperatuur toe te laten. Temperatuurintegratie over een langere periode lijkt dus een mogelijkheid.

De laatste decennia is het gasverbruik van anjer al van 45 naar 20 m<sup>3</sup> gegaan met behulp van schermdoek. De telers hebben het idee dat de grens van energiebesparing nu wel is bereikt, tenzij het vochtprobleem opgelost kan worden. De telers vinden het belangrijk dat er onderzoek plaatsvindt naar vochtbeheersing. Belangrijk verschil tussen anjer en Alstroemeria is dat de etmaaltemperatuur bij anjer in winter en najaar lager ligt dan bij Alstroemeria (10 °C t.o.v. 15,5 °C) en er in anjer nog nauwelijks belicht wordt. De vochtbeheersing is daarom bij anjer moeilijker dan bij Alstroemeria. De resultaten van de kasproef met Alstroemeria, kunnen dus niet één op één toegepast worden op anjer. Het teeltsysteem op bedden zien de anjertelers wel als een overeenkomst tussen anjer en Alstroemeria. Het uittesten van de luchtcirculatie met per bed drie slangen met een doorsnee van 10 cm in combinatie met intensiever schermen, zien zij wel als waardevolle kennis voor anjer. Voor slangen met veel grotere diameters, zoals in de groenteteelt veel wordt uitgetest, is geen plaats in het teeltsysteem van anjer. De vochtafvoer van het drie-slangen systeem lijkt voldoende, vanwege de geringe verdamping van anjer bij deze lage temperaturen.











